



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

LUANNA MAIA CARNEIRO

**DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇO EM *Goniopsis cruentata*
(LATREILLE, 1803): SUBSÍDIO PARA AVALIAÇÃO AMBIENTAL DOS
MANGUEZAIS DO RIO UNA, PARDO E JEQUITINHONHA - SUL DA
BAHIA, BRASIL**

**Salvador
2016**

LUANNA MAIA CARNEIRO

**DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇO EM *Goniopsis cruentata*
(LATREILLE, 1803): SUBSÍDIO PARA AVALIAÇÃO AMBIENTAL DOS
MANGUEZAIS DO RIO UNA, PARDO E JEQUITINHONHA - SUL DA
BAHIA, BRASIL**

Monografia apresentada ao Curso de Oceanografia,
Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia,
como Requisito parcial para a obtenção do grau de
Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Fernando de Souza
Queiroz

Coorientador: Dra. Sarah Adriana Rocha Soares

Salvador
2016

AGRADECIMENTOS

Nenhuma batalha é vencida sozinha. No decorrer desta luta, muitas pessoas estiveram ao meu lado e percorreram este longo e difícil caminho como verdadeiros soldados, estimulando que eu buscasse a minha vitória e conquistasse o meu sonho: ser oceanógrafa.

Agradeço, primeiramente a Deus, que me ouviu nos momentos difíceis e que estive em silêncio, dando-me forças para seguir e ir em frente. Agradeço, e não me cansarei de agradecer, aos melhores pais do mundo, Ciralva e Eliezer, pelo apoio com meu pacotinho, por todo amor, carinho, incentivo, compreensão e ensinamentos diários. Por não medirem esforços e, por muitas vezes, abrirem mão de seus sonhos, para realizar os meus e os da minha irmã, dando-nos um estudo de qualidade.

Ao meu Pacotinho de Amor, meu filho, Rodriguinho, por me dar todas as manhãs o sorriso mais lindo do mundo, mostrando-me toda reciprocidade do amor que lhe dedico e dando-me forças e motivos para não desistir. AMO VOCÊ!

À minha irmã, Larissa, por todo apoio nessa caminhada e por me dizer todos os dias: - Fia, olha teu foco... sem você, teria sido muito mais difícil.

Aos meus avós Juraci, Aurinha e Mércio por todo carinho e amor, e em especial aquela que foi minha segunda mãe, Vovó Marinalva, *In memoriam*, por ter deixado um legado de amor para toda família. Partiu sem ver este momento tão sonhado, mas tenho certeza que estará presente, ao meu lado, sorrindo e chorando, vibrando e aplaudindo-me de pé por esta conquista.

Aos meus tios (as) e primos (as) por todo carinho. As minhas amigas e amigos Thaise, Drica, Lucas, Laila, Liu, Naialla, por todos os momentos de estudo e resenha, em especial, a Isana, por sua preciosa amizade e companheirismo.

Agradeço a professora Karina Garcia e ao Professor, e orientador, Antônio Fernando por terem me ajudado e dado a oportunidade de voltar a trabalhar no NEA (Núcleo de Estudos Ambientais), dando um rumo para a minha vida acadêmica.

Agradeço também, a Sarah Rocha, coorientadora deste trabalho, por toda compreensão, e por ter me atendido e respondido as minhas inúmeras conversas no whatsapp, mesmo em

horários inoportunos. Por ter me tratado sempre com bom humor, mesmo eu merecendo broncas, por toda cobrança, atenção, respeito e muita paciência. Nesses meses de convivência, aprendi muito e levarei seus ensinamentos por toda vida. Muito obrigada!

Agradeço às empresas Manati S.A. e Queiroz Galvão Exploração e Produção S.A., pelos recursos financeiros no Projeto de Pesquisa “Diagnóstico geoambiental de zonas de manguezal e desenvolvimento de processos tecnológicos aplicáveis à remediação dessas zonas: subsídios a um Programa de Prevenção de Impactos em Áreas com Potencial para Atividades petrolíferas na Região Litoral Sul do Estado da Bahia – PETROTECMANGUE-BA-SUL”, convênio FAPEX-Manati-Queiroz Galvão nº 23066030641/11-47, através de Projeto de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) apresentado à Agência Nacional de Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis (ANP).

Agradeço aos professores do CERB (Colégio Estadual Rio Branco - Juazeirinho) que foram incansáveis na arte de ensinar.

E, finalmente, a todas as pessoas que torceram e que não torceram para que este grande dia chegasse. Para aqueles que acreditaram e os que não acreditaram. Muito obrigada!

**"Para realizar grandes conquistas,
devemos não apenas agir, mas também
sonhar; não apenas planejar, mas
também acreditar. "**

Anatole France

RESUMO

O *Goniopsis cruentata* (Latreille, 1803), conhecido popularmente como caranguejo Aratu foi coletado no Sul da Bahia, especificamente nos manguezais adjacentes aos rios Una, Pardo e Jequitinhonha. Os mesmos foram necropsiados para a remoção das brânquias e hepatopâncreas a fim de permitir a determinação das concentrações dos elementos maiores (Al, Fe e Mn) e dos elementos traço (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Zn, Sr e V) e avaliar os possíveis riscos para a saúde de seres humanos. Os analitos foram determinados por Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Acoplado Indutivamente e os resultados obtidos foram analisados por PCA (Análise de Componentes Principais) e comparados através de análise de variância (ANOVA) e análises de correlação de Pearson. Em relação aos dados biométricos como largura da carapaça, comprimento da carapaça e o peso úmido, não foram observadas diferenças significativas entre os teores médios dessas três variáveis, entre os sexos, e os manguezais estudados, exceto para o peso, que a partir da análise de variância mostrou $p < 0,05$. Com a determinação dos elementos traços e maiores, constatou-se que as concentrações encontradas nas brânquias e hepatopâncreas dos machos não tiveram diferença significativa das encontradas nos mesmos tecidos das fêmeas, porém ao serem verificadas as médias de cada tecido para os diferentes sexos constatou-se que as brânquias dos machos tenderam a apresentar maiores concentrações dos analitos quando comparado com o mesmo tecido das fêmeas. De um modo geral, as maiores concentrações foram encontradas no tecido branquial. Quando analisados conjuntamente a variância das concentrações nos sexos e nos manguezais, levando-se em consideração apenas os dois tecidos, constatou-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$), entre o tecido branquial e o hepatopâncreas em todos os elementos estudados. As concentrações dos elementos traços e maiores em Una, Pardo e Jequitinhonha não apresentaram grandes diferenças ($p > 0,05$), como comprovado ao realizar a análise de variância (ANOVA), exceto para os elementos Co ($p = 0,012506$), Cr ($p = 6,87 \cdot 10^{-6}$) e o Cu ($p = 0,0001$). As concentrações encontradas no hepatopâncreas e no tecido branquial para Cu, Cr e Zn estavam acima do permitido de acordo com padrão ambiental brasileiro. Com os resultados encontrados é possível sugerir que as concentrações elevadas de alguns elementos, sobretudo do Cu, podem oferecer riscos para os consumidores do Aratu das localidades de manguezais estudados, ou para outras populações onde esses animais porventura sejam transportados, inclusive em função da venda dos mesmos para outras cidades.

Palavras-chave: Caranguejo Aratu, brânquias, hepatopâncreas, dados biométricos, manguezais, sul da Bahia.

ABSTRACT

The *Goniopsis cruentata* (Latreille, 1803) popularly known as Aratu crab was collected in Southern Bahia, specifically in the mangroves of rivers Una, Pardo and Jequitinhonha. They were autopsied to remove the gills and hepatopancreas to determine the concentrations of major (Al, Fe and Mn) and trace (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Zn, Sr and V) elements and assess possible risks to human health. The metals were determined by Optical Emission Spectrometry with Inductively Coupled Plasma and the results were analyzed by PCA (Principal Component Analysis) and compared using variance analysis (ANOVA) and Pearson correlation analysis. With regard to biometric data carapace width, carapace length and wet weight no significant differences were observed between the average levels of these three variables between the sex and the studied mangroves except for the weight from the analysis of variance showed $p < 0.05$. With the determination of trace elements and higher was found that the concentrations found in the gills and hepatopancreas of males had no significant difference from those found in the same tissues of females, but the verifying means of each woven to different sexes it was found that the gills of males tended have higher concentrations of the analytes as compared to the same tissue of females. In general, the highest concentrations were found in the gill tissue. When jointly analyzed the variance of the concentrations in gender and in the mangroves considering only the two tissues, it was found that there was a significant difference ($p < 0.05$) between the gill tissue and hepatopancreas in all studied elements. The concentrations of trace metals and higher in Una, Pardo and Jequitinhonha showed no significant differences ($p > 0.05$) as could prove to perform the analysis of variance (ANOVA), except for the elements Co ($p = 0.012506$) Cr ($p = 6.87$ to 06), and Cu ($p = 0.0001$). The concentrations determined in hepatopancreas and gill tissue for Cu, Cr and Zn were higher than allowed under Brazilian environmental standard. These results made it possible to suggest that high concentrations of certain elements, particularly Cu, can pose risks to the Aratu consumers of the studied mangroves or other populations where these animals are possibly transported, including due to the sale for other cities.

Keywords: Aratu crab, gills, hepatopâncreas, biometric data, mangroves, south of Bahia.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 Elementos traço no ambiente	16
2.2 Processos de acumulação de elementos traço no ambiente.....	18
2.3 <i>G. cruentata</i> (aratu) (Latreille, 1803)	20
3 OBJETIVOS.....	22
3.1 Objetivo Geral:.....	22
3.2 Objetivos Específicos:	22
4 METODOLOGIA.....	23
4.1 Área de Estudo.....	23
4.2 Materiais e métodos.....	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5.1 Determinação de elementos maiores e traço	31
5.2 Dados Biométricos.....	38
6 CONCLUSÕES.....	49
7 REFERÊNCIAS	50
8 APÊNDICES.....	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: <i>Goniopsis cruentata</i> (Latreille, 1803)	20
Figura 2: Mapa de localização do Município de Una (Rio Una), e dos pontos de amostragem, em seu manguezal.	25
Figura 3: Mapa de localização do Município de Canavieiras (Rio Pardo) e dos pontos de amostragem, em seu manguezal.	26
Figura 4: Mapa de localização do Município de Belmonte (Rio Jequitinhonha) e dos pontos de amostragem, em seu manguezal.	27
Figura 5: Etapas de pré-preparo das amostras de <i>G. cruentata</i> coletados nos manguezais dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha. (a) Sexagem; (b) análise biométrica; (c) dissecação.	29
Figura 6: Gráfico de pesos representando 15 elementos quantificados nas brânquias e hepatopâncreas de aratu nas duas primeiras componentes principais.	42
Figura 7: Gráfico de valores de escores para PC1 versus PC2.	43
Figura 8: Dendograma dos dados autoescalonados das concentrações de Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sr, V e Zn, para as médias das amostras por tecido, sexo e área analisadas no caranguejo <i>G. cruentata</i> ; cálculo da distância Euclidiana e método de ligação Ward's.	44

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Parâmetros instrumentais utilizados para a determinação por ICP OES no LEPETRO/NEA/IGEO/UFBA30
- Tabela 2 - Concentração média e desvio padrão (n=6) de elementos maiores e traço, expressas em mg Kg⁻¹, para diferentes tecidos dos caranguejos da espécie *G. cruentata* coletados nos Estuários dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha – sul do Estado da Bahia32
- Tabela 3 - Médias das concentrações dos elementos traço determinados em tecidos do caranguejo *G. cruentata* (seis fêmeas e seis machos para cada matriz; n=12) coletados nos manguezais dos estuários dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha, comparados com valores permitidos pela ANVISA (1965/ 1998) e com outros trabalhos37
- Tabela 4 - Dados biométricos médios e desvio-padrão, por sexo, para caranguejos da espécie *G. cruentata* (n = 6) coletados no sul da Bahia39
- Tabela 5 - Pesos das variáveis contidas nas duas primeiras componentes principais para as médias das amostras por tecido, sexo e área analisadas do caranguejo *Goniopsis cruentata* coletados nos manguezais dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha localizados no sul da Bahia41
- Tabela 6 - Matriz de correlação de Pearson com os elementos estudados nos hepatopâncreas com os dados biométricos do *Goniopsis cruentata* coletados nos manguezais dos estuários dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha. Foram consideradas forte correlação valores em que o $p > 0,5$ 46
- Tabela 7 - Matriz de correlação de Pearson com os elementos estudados nas brânquias com os dados biométricos do *Goniopsis cruentata* coletados nos manguezais dos estuários dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha. Foram consideradas forte correlação valores em que o $p > 0,5$ 47

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A: Largura da carapaça (LC), comprimento da carapaça (CC) e peso úmido (PU), com respectivas médias e desvio padrão, para machos e fêmeas de *Goniopsis cruentata* nos três manguezais de coleta. LC e CC estão em (mm) e o PU em (g).....61

APÊNDICE B: Concentrações dos analitos determinados, em mg Kg⁻¹, (exceto para Fe e Al, expressos em %), em todas as amostras de brânquias do *G. cruentata* nos Manguezais em Belmonte (Rio Jequitinhonha), Canavieiras (Rio Pardo) e Una (Rio Una).62

APÊNDICE C: Concentrações médias das triplicatas (n=3) dos analitos determinados, em mg Kg⁻¹ (exceto para Fe e Al, em %), em todas as amostras de Hepatopâncreas do *Goniopsis cruentata* nos Manguezais em Belmonte (Rio Jequitinhonha), Canavieiras (Rio Pardo).....63

1. INTRODUÇÃO

As zonas costeiras tropicais são caracterizadas pela pluralidade de ecossistemas, entre eles o Manguezal, estendendo-se ao norte e ao sul do Equador. Esse ecossistema tem sua importância bastante abrangente, que vai, desde aspectos ecológicos, econômicos e sociais, destacando-se como uma área de produção, criação e reprodução de várias espécies biológicas, como os moluscos, peixes e crustáceos (MAMEDE, 2012). As espécies vegetais lenhosas que o constituem, conhecidas popularmente de mangue, associadas a uma flora algal característica (MENEZES, 2012), dão aspecto peculiar a esse ambiente. Com relação à fauna, o manguezal apresenta uma grande diversidade com destaque para os crustáceos, por possuírem grande produção de matéria orgânica durante todo o ano (MENEZES et al., 2012).

A complexidade desse ambiente fez com que a flora e a fauna desse ambiente desenvolvessem características bastante específicas. Caracterizado pela intensa deposição de sedimentos de textura predominantemente fina podendo, no entanto, ocorrer solos arenosos em alguns locais se comportando como barreira de contaminantes (MENEZES, 2012). A entrada desses materiais pode trazer grandes prejuízos à saúde dos organismos, ocasionando danos às diversas espécies de importância ecológica e econômica, assim como leva-los à morte dependendo do grau de contaminação do meio. No litoral, as atividades antropogênicas têm modificado severamente, ao longo de décadas, as propriedades dos ecossistemas costeiros (MERFA, 2010).

Os elementos traço tem sua distribuição ao longo da coluna d'água e em sedimentos de manguezal influenciada por diversos fenômenos físico-químicos e biológicos e, dependendo de sua forma química, podem ser acumulados pelos organismos vivos. Esses organismos podem adsorver e bioacumular contaminantes químicos em geral, sendo por isto amplamente utilizado no monitoramento de contaminantes em ambientes aquáticos, atuando como biomonitoradores ambientais (MAMEDE, 2012).

A existência do manguezal é de grande importância para a população que habita áreas próximas a esse ambiente, pois dele elas retiram suas fontes de alimento e renda fazendo desse um espaço de trabalho onde se constroem as relações sociais e as inter-relações das comunidades (MENEZES, 2012).

A área compreendida pelo presente estudo abrange o trecho costeiro que pertence à denominada Costa do Cacau, composta pela faixa litorânea dos municípios de Una, Canavieiras e Belmonte (VASCONCELOS; CELINO, 2014). Atualmente, essa região tem se tornado interessante para empresas do setor petrolífero, pois nela se encontra na Bacia do Jequitinhonha, atualmente em atividades de exploração offshore (QUEIROZ GALVÃO, 2006), o que pode acarretar impacto ambientais para o ecossistema.

Sendo assim, este trabalho faz parte de um conjunto de trabalhos desenvolvidos como produto do projeto “Diagnóstico Geoambiental de Zonas de manguezal e Desenvolvimento de processos Tecnológicos Aplicáveis à Remediação dessas Zonas: Subsídios a um Programa de Prevenção de Impactos em áreas com Potencial para Atividades Petrolíferas na Região Litoral Sul do Estado da Bahia” – projeto Petrotecmangue – Basul. O projeto destina investimentos em pesquisa e desenvolvimento por parte de empresas que estão vinculadas à cadeia produtiva do Petróleo e Gás, e foi executado pelo Núcleo de Estudos Ambientais (NEA), do Instituto de Geociências (IGEO), da Universidade Federal da Bahia (UFBA), com recursos financeiros de pesquisa e desenvolvimento concedidos pela empresa Queiroz Galvão – Exploração e produção S.A.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os manguezais constituem um ecossistema costeiro de transição entre os ambientes terrestre e marinho e por isso sofrem influência do regime das marés, sendo essa a principal forma de entrada de águas salinas nesse ambiente, ocorrendo em regiões costeiras como estuários, baías e lagunas. São considerados importantes transformadores de nutrientes em matéria orgânica, além de apresentar condições favoráveis para a alimentação, proteção e reprodução de muitas espécies animais desempenhando papel vital como um grande produtor primário dos sistemas estuarinos (SILVA et al., 2005).

São ecossistemas com grande extensão territorial no mundo (SUHOGUSOFF; PILIAKAS, 2007), ocorrendo em 121 países (AGORAMOORTHY et al., 2008) encontrados na Ásia Austral e Oriental, chegando à Austrália e ao Pacífico, e nas Américas Central e Sul (SUHOGUSOFF; PILIAKAS, 2007). A Ásia abriga a maior área de manguezais do mundo, enquanto a Índia contribui com cerca de 3% do mangue mundial. A região do Indo-Malásia é considerada o berço da evolução do ecossistema manguezal, pois acredita-se que as plantas desse ecossistema tenham se originadas nesta área (AGORAMOORTHY et al., 2008).

O Brasil tem a terceira maior área de cobertura de manguezal em todo o planeta, incluindo 50% de todos os manguezais da América do Sul (ROVAI et al., 2012), porém, o conhecimento sobre essa fauna, ainda é limitado em alguns Estados, entre eles a Bahia (SILVA, 2007). Os manguezais no território brasileiro atingem extensão que vai de Santa Catarina (latitude 28°53' S) até Amapá (latitude 04°30' N), no cabo de Orange, podendo cobrir uma área de aproximadamente 25000 km² ao longo de 6786 km de linha de costa. Dessa extensão, cerca de 85% pertence ao litoral norte do país, possuindo uma distribuição descontínua, fato justificado pela relação que eles possuem com os sistemas fluviais que estão ausentes principalmente na Região Nordeste (SUHOGUSOFF; PILIAKAS, 2007).

Os sistemas de manguezal servem como *habitat* e área de berçário para muitos peixes juvenis e crustáceos, que têm importância socioeconômica, tanto direta como indireta, além de fornecerem mitigação da erosão e estabilização de formas de relevo costeiras adjacentes (MACFARLANE et al., 2007). A cobertura vegetal é constituída de espécies lenhosas típicas (angiospermas), além de micro e macroalgas (criptógamas) adaptadas à flutuação de salinidade e caracterizadas por colonizarem sedimentos predominantemente lodosos, com baixos teores de oxigênio (CUNHA-LIGNON et al., 2009). Plantas de mangue exigem condições específicas para crescer, restringindo, assim, a sua distribuição geográfica. As plantas que vivem no ecossistema manguezal são preparadas para enfrentar alta salinidade, extremos de marés e ventos fortes (AGORAMOORTHY et al., 2008).

Os manguezais compõem uma unidade geomorfológica singular em que a deposição de sedimentos de argila e limo, que fazem parte da composição do substrato, é facilitada pelo relevo plano (SUHOGUSOFF; PILIAKAS, 2007). Esse ambiente compõe um dos ecossistemas mais peculiares do mundo, porque ele se propaga onde outras árvores não conseguiriam sobreviver. Por conta disso, a fauna desse ecossistema desenvolveu adaptações muito específicas para sobreviver, pois com a mudança diária da maré o solo não é estável. A vegetação do manguezal é halófito facultativa, tolerando a salinidade, sendo essa uma das características pelo seu sucesso em um ambiente tão variável (MITHTHAPALA, 2008; SILVA et al., 2005). São protegidos contra ondas e correntes, sendo inundados por água salobra, o que permite a deposição de sedimentos com granulometria fina como argila e silte, e outros detritos (HARBISON, 1986). A floresta de mangue tem seu papel importante na regulação do clima, visto que o desmatamento das florestas de mangue, que têm taxas extraordinariamente altas de produtividade primária, reduz a sua capacidade dupla para ser tanto um dissipador de CO₂ atmosférico, como uma fonte essencial de carbono oceânico (DUKE et al., 2007).

Por ser uma área costeira, o manguezal exerce um papel importante na vida da população ribeirinha, visto que é dele que é retirado o próprio alimento, como mariscos, peixes (ONOFRE et al., 2007) e crustáceos, pois representam excelentes fontes de proteína animal com grande valor nutricional (SCHAEFFER-NOVELLI, 2002). Além da retirada desses organismos para a própria subsistência, eles os exploram comercialmente (ONOFRE et al., 2007), já que esses recursos alcançaram no mercado nacional e internacional uma grande representatividade (SCHAEFFER-NOVELLI, 2002).

As florestas de mangue já cobriram mais de 200.000 km² de zonas costeiras (DUKE et al. (2007), sendo características de regiões tropicais, subtropicais (SILVA et al., 2005) e temperadas (MACFARLANE et al., 2007), contemplando cerca de ¼ da costa tropical (SILVA et al., 2005). Segundo Duke e colaboradores (2007), as perdas de manguezais têm maior relevância em países em desenvolvimento, onde estão localizados mais de 90% dos manguezais do mundo.

Menos da metade da extensão original de manguezais permanecem no mundo atualmente, e metade desses habitats remanescentes estão degradados. Isso se dá pela percepção de que desempenham um papel importante na zona costeira promovendo diversos produtos e serviços ambientais. Como resultado, os mangues estão entre os ecossistemas mais raros e ameaçados do mundo (MITHTHAPALA, 2008; LACERDA, 2009). Embora seja reconhecida a importância desse ecossistema, os manguezais estão submetidos a impactos negativos oriundos da ação antrópica nas zonas costeiras, sendo a maior contribuição as de origem industrial, da urbanização e da aquicultura (CUNHA-LIGNON et al., 2009).

Com a exploração desenfreada, os manguezais foram sujeitos a práticas inadequadas de gestão em termos de recuperação de terras e silvicultura insustentável, bem como iniciativas agrícolas. Como resultado, são submetidos à entrada significativa de contaminantes devido a sua proximidade com o desenvolvimento urbano (MACFARLANE et al., 2007). A preferência em habitar regiões mais próximas da zona costeira existe desde os primórdios da formação das civilizações, sobretudo no Brasil devido à grande extensão do litoral. Com isso, formaram-se as grandes cidades e com elas a maior concentração populacional nessa estreita faixa. Devido à sua localização na região litorânea, os manguezais podem sofrer um elevado impacto ambiental em virtude das ações antrópicas cada vez mais frequentes (SUHOGUSOFF; PILIAKAS, 2007).

As áreas de manguezal estão severamente prejudicadas, cada vez menores e fragmentadas, tendo sua sobrevivência a longo prazo colocada em risco, com perda das funções ambientais e sociais. Onde esse impacto é mais visível, nota-se uma diminuição quantitativa e qualitativa, tanto da fauna quanto da flora, uma vez que quanto maior a floresta maior a sua biodiversidade e proteção das espécies ali presentes. Portanto, qualquer nova redução na área desse ecossistema é susceptível de ser seguido de perdas funcionais acelerados. Mangues já estão criticamente em perigo ou se aproximando da extinção em 26 dos 120 países que possuem esse tipo de floresta (DUKE et al., 2007).

O avanço industrial e tecnológico das últimas décadas, oriundo das atividades antropogênicas, está causando a lenta extinção da fauna, flora e microrganismos associados ao ambiente natural através da emissão de contaminantes (AGORAMOORTHY et al., 2008). O fato dos manguezais se encontrarem no limite continente-oceano faz com que retenham partículas, principalmente metálicas, devido ao solo rico em nutrientes e em matéria orgânica associados às partículas finas, funcionando como uma barreira geoquímica (ONOFRE et al., 2007). Muitos elementos traços são extremamente tóxicos e estão presentes no ambiente em todos os compartimentos (solo, água e plantas de superfície), e podem ser prontamente mobilizados por atividades que incluem mineração e descarte de resíduos industrializados, chegando nos ecossistemas naturais e causando danos para florestas, rios, lagos e oceano (AGORAMOORTHY et al., 2008).

A ininterrupta interferência da ação antrópica nos ecossistemas aquáticos desencadeou uma série de impactos diretos e indiretos para esse ambiente, modificando o cenário natural. Uma vez que, historicamente falando, o avanço tecnológico, científico e econômico vem aumentando de forma gradativa, fazendo com que as explorações ambientais aumentassem desenfreadamente. Isso resulta em mudanças muitas vezes irreversíveis, levando a processos de degradação do meio. Assim, essas regiões costeiras passam a ser uma ameaça à saúde humana, e para a fauna e flora (BALSAN, 2006).

2.1 Elementos traço no ambiente

Os metais chegam ao manguezal principalmente através das marés de duas formas: agregados na matéria em suspensão ou dissolvidos (LACERDA & ABRAÃO, 1984; HARBISON, 1986; LACERDA & REZENDE, 1987; LACERDA, 1994), sendo sua precipitação favorecida por altos valores de pH e por outras reações que envolvem o Eh, co-precipitação, adsorção e absorção e complexação. Por serem poluentes conservativos, os metais são bioacumulativos, e essa característica, a longo prazo, representa uma ameaça para o manguezal, visto que eles podem permanecer no ciclo ecológico envolvido no ecossistema (ONOFRE et al., 2007) representando uma ameaça potencial para vários organismos terrestres e aquáticos, incluindo os seres humanos (AGORAMOORTHY et al., 2008). Estudos associados aos substratos lamosos desse ambiente têm se tornado cada vez mais frequentes, principalmente quando se referem a sua biodisponibilidade no ambiente e a sua subsequente toxicidade (ONOFRE et al., 2007).

Sedimentos de manguezal, sendo anaeróbios, reduzidos e ricos em enxofre, favorecem a retenção e acúmulo de elementos traço. No entanto, a concentração absoluta desses elementos metálicos nos sedimentos não indica, necessariamente, o grau de contaminação a partir de fontes naturais e antropogênicas acumulada nesses sedimentos. As diferenças na composição dos sedimentos, como a sua distribuição granulométrica e mineralogia afetaria as concentrações naturais de elementos traços (TAM; YAO, 1998)

Nos ambientes aquáticos, os poluentes podem atingir três compartimentos: água, sedimento e biota. Na água geralmente são encontrados dissolvidos na coluna d'água e/ou na água intersticial (LOUREIRO et al., 2012) e associados aos compartimentos abióticos da mesma. Nesse caso, eles encontram-se disponíveis para a associação direta com os organismos aquáticos, ou associados ao material em suspensão, por processos como adsorção e dessorção que integrados aos parâmetros da água como pH e Eh, definem a dinâmica desses contaminantes (ZAGATTO; BERTOLETTI, 2006). Dessa forma, podem se depositar no sedimento e/ou serem ingeridos por organismos filtradores e detritívoros (LOUREIRO et al., 2012).

No sedimento, os metais encontram-se geralmente como parte da estrutura, associados às suas partículas, onde são menos biodisponíveis aos organismos, ou associados com a fração orgânica do meio (plantas e animais), estando mais disponível. A biota, por se tratar de organismos vivos, é o compartimento mais complexo devido à grande multiplicidade de espécies, conseqüentemente a variedade de metabolismos, ocasionando efeitos letais e subletais (ZAGATTO; BERTOLETTI, 2006). Assim, para a avaliação da qualidade do ambiente faz-se o uso desses compartimentos, sendo o material particulado,

sedimento e a biota os mais usados, justificado pela facilidade de armazenamento, coleta e tratamento, além da minimização de contaminação ou perdas, e também por concentrarem os maiores teores de contaminantes (BENCHIMOL, 2011).

Elevadas concentrações de elementos traço foram registrados em sedimentos de manguezal em todo o mundo, refletindo, muitas vezes, a poluição a longo prazo causada por atividades humanas. Devido à sua inerente propriedade química e física, lamas de manguezais têm uma extraordinária capacidade para acumular materiais descarregados para o meio marinho perto da costa. Portanto, favorecem a retenção de elementos traço transmitidos pela água e a subsequente oxidação de sulfetos entre as marés permitindo a mobilização e a biodisponibilidade de metal. As concentrações de elementos traço nos sedimentos geralmente são superiores aos da água que recobre por 3-5 ordens de magnitude. Muitos manguezais são localizados próximos a centros urbanos e, por conta disso, são impactados por *run-off* urbano e industrial, que contém elementos traço na forma dissolvida ou partícula (DEFEW et al., 2005).

O nível de concentração de um metal considerado tóxico no ecossistema aquático depende das características do meio em que ele se encontra, tais como a quantidade de carbono dissolvido e em suspensão, o pH (redutor ou oxidante) e a temperatura. A composição dos sedimentos também interfere na toxicidade do meio, uma vez que pode alterar a mobilidade e biodisponibilidade dos metais, visto que sedimentos ricos em substâncias húmicas e em argila tendem a reduzir esses fatores. Além disso, a forma química em que o metal se encontra também irá determinar sua capacidade de absorção pela biota (BAIRD, 2002; AZEVEDO; CHASIN, 2003; THAWLEY et al., 2004)

As comunidades bentônicas podem ser afetadas por contaminantes quando esses estão associados ao sedimento. Processos que ocorrem naturalmente ao longo da cadeia trófica, tais como a bioacumulação e a biomagnificação de metais, podem favorecer o surgimento da toxicidade para algumas espécies da biota e, conseqüentemente para o homem. Os efeitos desses contaminantes permanecem no meio, mesmo com a interrupção das emissões (BENCHIMOL, 2011). Dependendo do grau da biodisponibilidade dos metais no sedimento e da taxa de transferência, o organismo pode não sobreviver em um ambiente no qual os requisitos físicos e químicos sejam limitantes. Assim, a sobrevivência dos organismos está relacionada com a qualidade do ambiente marinho (CÉZAR, 2003). Os efeitos da contaminação também podem ser observados nos seres humanos, pois essa introdução de contaminantes nos ambientes aquáticos, principalmente os costeiros, podem causar riscos à saúde da população que ingere os organismos contaminados (LOUREIRO et al., 2012).

A maioria dos programas de monitoramento da qualidade ambiental tem como objetivo o conhecimento e acompanhamento detalhado da situação ambiental, visando a recuperação, melhoria e manutenção da qualidade do meio. As variáveis mais comumente usadas para realizar o monitoramento da qualidade da água são físicas e químicas, como pH, condutividade, temperatura da água, fosfato, nitrato; agregando vantagens na avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos, tais como: identificação imediata de modificações dessas propriedades, detecção precisa da variável modificada, e determinação dessas concentrações alteradas. Entretanto, esse sistema apresenta algumas desvantagens, tais como a descontinuidade temporal e espacial das amostragens, o que tem rendido críticas por vários pesquisadores, visto que a análise da água utilizando metodologia química não fornece informações sobre a biodisponibilidade dos metais presentes no ambiente aquático, pois fornecem apenas um retrato momentâneo do que pode ser uma situação altamente dinâmica. Além disso, esse monitoramento é pouco eficiente na detecção de alterações na diversidade de *habitats* e *microhabitats* e insuficiente na determinação das consequências da alteração da qualidade de água sobre as comunidades biológicas. Assim, vários pesquisadores apontam a necessidade de se aplicar o uso de matrizes biológicas, para a obtenção de uma abordagem mais ampla e consistente. Esses organismos são capazes de refletir mudanças no meio, já que muitas vezes são continuamente expostos aos contaminantes (GONÇALVES; MENEZES, 2011; GERRA-GARCIA et al., 2010; GOULART; CALLISTO, 2003).

2.2 Processos de acumulação de elementos traço no ambiente

A concentração de poluentes na água e no sedimento pode ser verificada pelo acúmulo na biota, resultado de processos como bioindicação, bioacumulação e a bioconcentração. A bioindicação é o processo pelo qual é feita a verificação e a avaliação dos efeitos da poluição ambiental utilizando sistemas biológicos, como a fauna e a flora. Bioindicadores são conceituados como espécies que acumulam os metais vestigiais em seus tecidos e concentram neles apenas os metais que se encontram biodisponíveis no ecossistema (GERRA-GARCIA et al., 2009) representando, portanto, uma importante fonte biológica de informação sobre contaminação do meio em que se encontram (BENCHIMOL, 2011). Um dos aspectos mais relevantes com relação à introdução de metais no meio ambiente é a sua bioacumulação na cadeia alimentar no ambiente aquático (VIRNA et al., 2007). A bioacumulação difere, tanto na relação intraespecífica como na interespecífica, assim ela está relacionada com os metais, se eles são essenciais ou não à fisiologia do animal, se os organismos pertencem a um mesmo grupo e dos tecidos do organismo (EÇA et

al., 2012). Dentre os fatores que os torna importantes, vale ressaltar a posição em que se encontram na cadeia trófica, sendo aquele que se acha no topo, eventualmente com a maior concentração. Quanto mais baixo for o nível do organismo, mais importante para o estudo ele será, pois, como consumidor primário, ele irá refletir a condição do meio quanto a concentrações de poluentes, assim como pode contaminar toda a cadeia trófica (BENCHIMOL, 2011).

Em contrapartida, a bioconcentração refere-se exclusivamente a absorção direta de substâncias dissolvidas por organismos aquáticos através da água, o que difere da bioacumulação que se refere a todas as vias de contaminação (KEHRIG et al., 2011).

O biomonitoramento pode ser realizado de várias formas, entre elas a que inclui os índices ecológicos que quantifiquem a diversidade e similaridade somados aos índices bióticos que incluem medidas de diversidade de espécie (quantitativa e qualitativa) sobre a sensibilidade da taxa individual em decorrência das alterações ambientais (GONÇALVES; MENEZES, 2011).

Em ambientes aquáticos os macroinvertebrados bentônicos, peixes e comunidade perifítica, são os principais organismos utilizados na avaliação de impactos ambientais. Dentre esses grupos citados, os macroinvertebrados bentônicos têm sido comumente utilizados no monitoramento biológico para detectar possível existência de áreas que sofreram ou sofrem com algum tipo de perturbação, visto que são organismos que habitam o fundo de ambientes aquáticos durante pelo menos parte de seu ciclo de vida, associado a substratos, tanto orgânicos quanto inorgânicos (GOULLARTE; CALLISTO, 2003). Além disso, têm hábito sedentário, sendo, portanto, representativos da área na qual foram coletados; apresentam ciclos de vida relativamente curtos e irão, portanto, refletir mais rapidamente as modificações do ambiente através de mudanças na estrutura das populações e comunidades; vivem e se alimentam dentro, sobre, e próximo aos sedimentos, onde as toxinas tendem a se acumular; suas comunidades apresentam elevada diversidade biológica, o que significa uma maior variabilidade de respostas frente à diferentes tipos de impactos ambientais; e são de fundamental importância como componentes dos ecossistemas aquáticos, formando como um elo entre os produtores primários e servindo como alimento para muitos peixes, além de apresentar papel fundamental no processamento de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (GOULART; CALLISTO, 2003).

A concentração de elementos traço existentes no organismo bioindicador é o reflexo das concentrações que estão biodisponíveis no seu habitat (BOTELHO et al., 2001), principalmente as encontradas no sedimento, uma vez que as concentrações nesse compartimento são maiores do que as observadas na coluna d'água (GERRA-GARCIA et al., 2010). Essa fração que se encontra biodisponível é a fração que de fato é ecologicamente

importante. Assim, os monitores biológicos podem representar melhor a contaminação do ambiente aquático do que as concentrações determinadas na água e no sedimento (BOTELHO et al., 2001; SILVA et al., 2001).

2.3 *G. cruentata* (aratu) (Latreille, 1803)

Os crustáceos da ordem decápoda, por ocuparem uma posição estratégica na cadeia alimentar (ALVES; NISHIDA, 2002), têm sido avaliados como bioindicadores de contaminação por elementos traço em sistemas aquáticos. Esses organismos fazem uma ligação com o sedimento e a água de ambientes contaminados, concentrando poluentes de várias formas, já que se alimentam de partículas pequenas e também por consumirem animais e plantas. Essa é umas das principais características dos crustáceos, e o que beneficia sua utilização como monitores ambientais (MacFARLANE et al., 2000).

A fauna dos manguezais é representada pelos crustáceos da infra-ordem Braquiúros. Por terem o hábito de viver em tocas, eles promovem uma mistura do substrato, favorecendo a sua aeração e a liberação de nutrientes para a coluna d'água (SILVA, 2007). Possuem um papel importante na cadeia alimentar, assim como na aceleração do processo de decomposição da matéria orgânica (OSHIRO et al., 1998). Os crustáceos da família, *Goniopsis cruentata*, obtém seu alimento de propágulos e folhas senescentes de mangue, como também praticam o canibalismo, se alimentando de outros crustáceos vivos ou mortos, como o caranguejo uçá e algumas espécies do gênero *Uca* (SILVA, 2007). Ocupam normalmente todos os *microhabitats* do manguezal, sendo encontrados desde florestas de mangue, vagando sobre o substrato acima do nível da maré, tocas de outros caranguejos, fendas e até escalando árvores desse ecossistema (LIRA et al., 2012).

Figura 1 - Foto de um exemplar de *Goniopsis cruentata* (LATREILLE, 1803)



Fonte: Menezes (2012).

O *G. cruentata* (aratu) (LATREILLE, 1803) possui importância econômica na região Nordeste do Brasil, e também para as populações ribeirinhas, sendo utilizado como fonte de alimento (BOTELHO et al., 2001; SANTOS et al., 2001). Segundo Menezes e colaboradores (2014), o aratu mostrou ser um bom bioindicador de contaminação por elementos traço devido à sua capacidade em reter esses contaminantes por diversas vias, conferindo-lhe importante papel para estudos de biomonitoramento indireto. *G. cruentata* (LATREILLE, 1803), também conhecido como Aratu, é um caranguejo semi-terrestre, extremamente rápido e com grande mobilidade (SILVA, 2007). Normalmente são encontrados em florestas de mangue, vagando sobre o substrato acima do nível da maré, em fendas ou escalando árvores, tocas de outros caranguejos (COBO; FRANSOZO, 2003) como o caranguejo uça (*Ucides cordatus* - LINNAEUS, 1763), ou mesmo escondendo-se ou para fugir para a água quando ameaçados, visto que não possuem o hábito de escavar. São ativos tanto durante o dia como a noite (SILVA, 2007), e praticamente ocupam todos os *microhabitats* desse ecossistema (COBO; FRANSOZO, 2003).

Sua distribuição geográfica inclui a oeste do Oceano Atlântico a partir de Bermuda para o Brasil, e o leste do Oceano Atlântico a partir de Senegal para Angola (MELO, 1996). Segundo Reis e Cobo (2015) o estágio de reprodução das espécies braquiúros em áreas tropicais e subtropicais frequentemente segue um padrão contínuo, provavelmente devido à maior constância de condições favoráveis ao longo do ano em comparação com zonas de climas temperados, onde caranguejos geralmente se reproduzem sazonalmente. Não fugindo desse padrão, eles concluíram que o *G. cruentata* também tem uma reprodução contínua, com picos de reprodução nos meses mais quentes do ano.

Não há relatos de exploração econômica de Aratu na costa sudeste do Brasil. Entretanto, com a exploração de algumas espécies de caranguejos e com o seu conseqüente declínio, a exploração do *G. cruentata* pode tornar-se atraente (NETO, 2011), como observado na costa nordeste do Brasil. Especialmente no Estado de Pernambuco ele se destaca por seu valor econômico, constituindo importante fonte de renda e proteína para as populações ribeirinhas (MACIEL; ALVES, 2009). No sul do Estado da Bahia, nos municípios de Una, Canavieiras e Belmonte, o aratu além de ser um alimento bastante presente na mesa das famílias ribeirinhas, também representa uma importante fonte de renda para as mesmas (MENEZES et al., 2014).

O conhecimento da bioacumulação na biota é de suma importância para a avaliação da contaminação ambiental do sul da Bahia, e do risco associado à população ribeirinha que se alimenta quase que exclusivamente dos recursos pesqueiros da região em estudo.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral:

Avaliar a composição elementar de partes do corpo do organismo *Goniopsis cruentata* (caranguejo Aratu) nos manguezais do baixo sul da Bahia (Canavieiras, Belmonte e Una), através da quantificação do teor de elementos essenciais e traço por espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado

3.2 Objetivos Específicos:

- Quantificar as concentrações de Al, Zn, V, Pb, Ni, Fe, Cd, Co, Cr, Ba, As, Cu, Sr, Mo e Mn nos tecidos (brânquias e hepatopâncreas) e avaliar possíveis diferenças de acumulação desses elementos traço a possível diferença de acumulação dos elementos em indivíduos machos e fêmeas;
- Avaliar o comportamento dos elementos traço nos tecidos do Aratu em ambos os sexos;
- Avaliar possíveis riscos toxicológicos para a população.

4 METODOLOGIA

4.1 Área de Estudo

O Estudo foi realizado no trecho costeiro que pertence à denominada Costa do Cacau (VASCONCELOS; CELINO, 2014) situada na região sul do Estado da Bahia, compreendendo o baixo curso dos rios Jequitinhonha, Una e Pardo, abrangendo os municípios de Belmonte, Una e Canavieiras, respectivamente (ESCOBAR, 2013) possuindo extensão superior a 164 km. Foram realizados quatro campos para a coleta do material de estudo, nos meses de novembro de 2011, abril e outubro de 2012 e maio de 2013. Este trabalho representa a quarta campanha realizada e os resultados encontrados serão comparados com os resultados já publicados das campanhas anteriores por Menezes (2012) para a verificação de qualquer alteração do meio entre esses meses.

Essa região pertence ao domínio da Mata Atlântica, sendo observadas diversas formações florestais fisionômica e floristicamente distintas (VASCONCELOS; CELINO, 2014). A região é marcada por um clima quente e úmido, sem estação seca, caracterizando-se por apresentar taxas pluviométricas acima de 1600 mm anuais, tendo março a julho como os meses em que esses índices são mais intensos, e temperaturas com média da máxima que ultrapassa 24°C e média da mínima de 21°C (ESCOBAR, 2013), sendo ambas influenciadas pela proximidade do mar (CELINO; VASCONCELOS, 2014). A umidade relativa é superior a 85%, que decresce do litoral para o interior (ESCOBAR, 2013).

A região de Una, Canavieiras e Belmonte tem grande importância para a economia da Bahia, visto que participa da mesma com as atividades de carcinicultura, agricultura, pastagem, turismo, entre outros (FARIAS, 2007). Na região estudada há uma reserva ambiental constituída por meio do Decreto s/nº, de 05 de junho de 2006, que tem como objetivo proteger os meios de vida e a cultura da população extrativista residente na área de sua abrangência e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade. Ela está situada em zona costeira e em faixa terrestre do sul do Estado da Bahia, totalizando 100.645,85ha, sendo 5.500ha de terra firme, 15.500ha de manguezais e rios e 79.000ha de mar (CARDOSO et al., 2012).

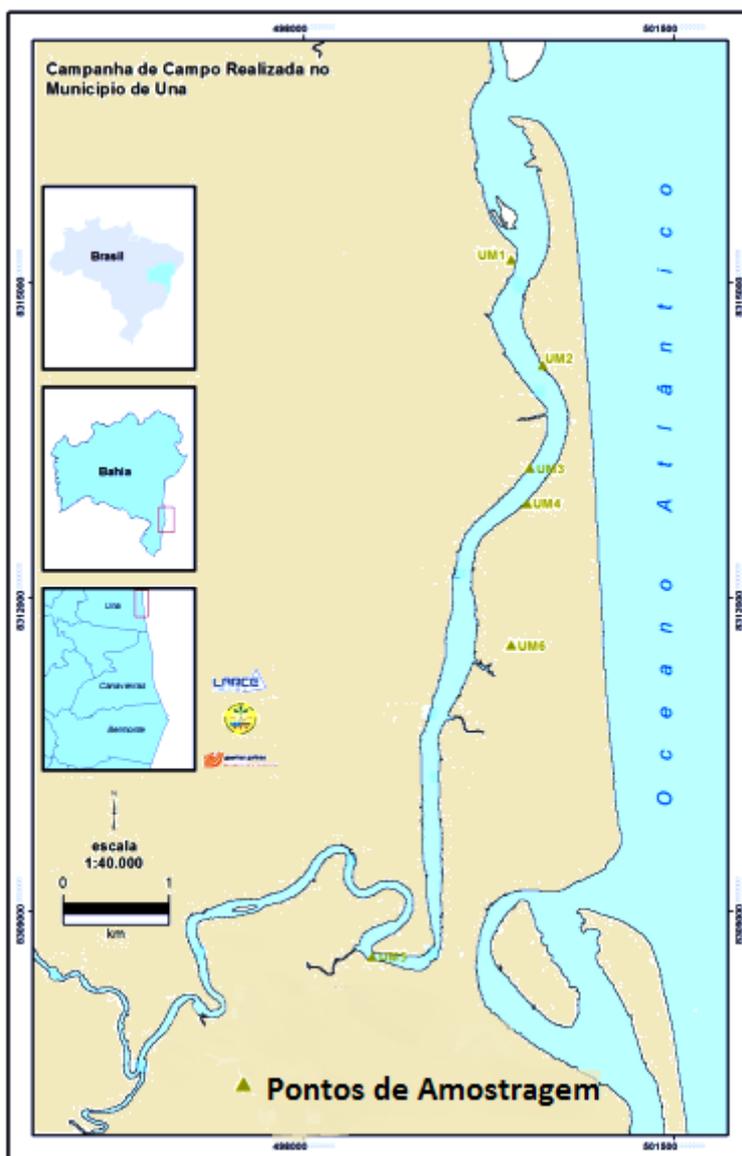
Recentemente, a região do litoral Sul da Bahia, importante polo turístico e pesqueiro (AGUIAR et al., 2011), tem se tornado alvo de interesse do setor petrolífero, pois nela se encontra a bacia petrolífera do Jequitinhonha (QUEIROZ GALVÃO, 2006), onde foram ofertados blocos de exploração (ANP, 2002), próximo à zona costeira das cidades de Una, Canavieiras e Belmonte (QUEIROZ GALVÃO, 2006) com aproximadamente 10.000 km², atualmente em atividades *offshore* (VASCONCELOS, 2014). Nessa área encontram-se os

estuários dos rios Jequitinhonha, Una e Pardo ocupados por extensos manguezais (ESCOBAR, 2013).

O município de Una que pode ser visualizado no mapa da figura 2 está localizado nas coordenadas (15°17'S, 39°04'W, e 71 m acima do nível do mar). A vegetação nativa é classificada como floresta de várzea tropical e o clima tropical, com uma temperatura média anual de 24.7°C e 1.827 mm de precipitação, sem estação chuvosa distinta. (DUTRA et al., 2009). A bacia hidrográfica do rio Una apresenta uma área com cerca de 1.755 km², fazendo parte das Bacias Hidrográficas do Leste. Nasce nas delimitações do município de Aratacas-BA, e percorre 94 km desde sua nascente até a foz, na cidade de Una, passando apenas por quatro municípios (HIGESA ENGENHARIA, 1996). A vazão média da região está na ordem de 44,6 m³/s, segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Bahia (PERH-BA, 2003). Constitui-se uma bacia hidrográfica de grande importância para a região do Sul da Bahia, possuindo três principais rios tributários (Piau, Una Mirim e do Braço) do rio principal, Una (ANDRADE, 2011).

O município de Canavieiras que está inserido no mapa da figura 3 localizado nas coordenadas de 15° 41 latitude sul e 38° 57 longitude oeste (SCHMIDT et al., 2006) no “Litoral Sul” micro-região econômica do Estado da Bahia, limitando-se ao Norte com o município de Una, a noroeste com Santa Luzia, ao Sul com Belmonte, a Oeste com Mascote e ao Leste com o Oceano Atlântico (AGUIAR et al., 2011). Caracteriza-se por possuir amplas áreas (aproximadamente 7.404 ha) de manguezais, além de grandes extensões de floresta, restinga e vegetação dunar, com predominância de palmeiras (família Arecaceae). Cada um desses ecossistemas tem uma rica flora com espécies de plantas e polinífera nectaríferos, que são importantes para a apicultura. Essas espécies florescem em todas as estações, tendo um pico entre agosto e setembro (DÓREA et al., 2010). O manguezal em Canavieiras tem sofrido com o aumento da carcinicultura, uma vez que essa atividade acarreta grandes prejuízos ao mesmo, quando não praticada de maneira racional (SCHMIDT et al., 2006). Possui um estuário com cerca de 50 km e uma formação deltaica de dois rios, o rio Pardo e o rio Jequitinhonha (AGUIAR, 2011).

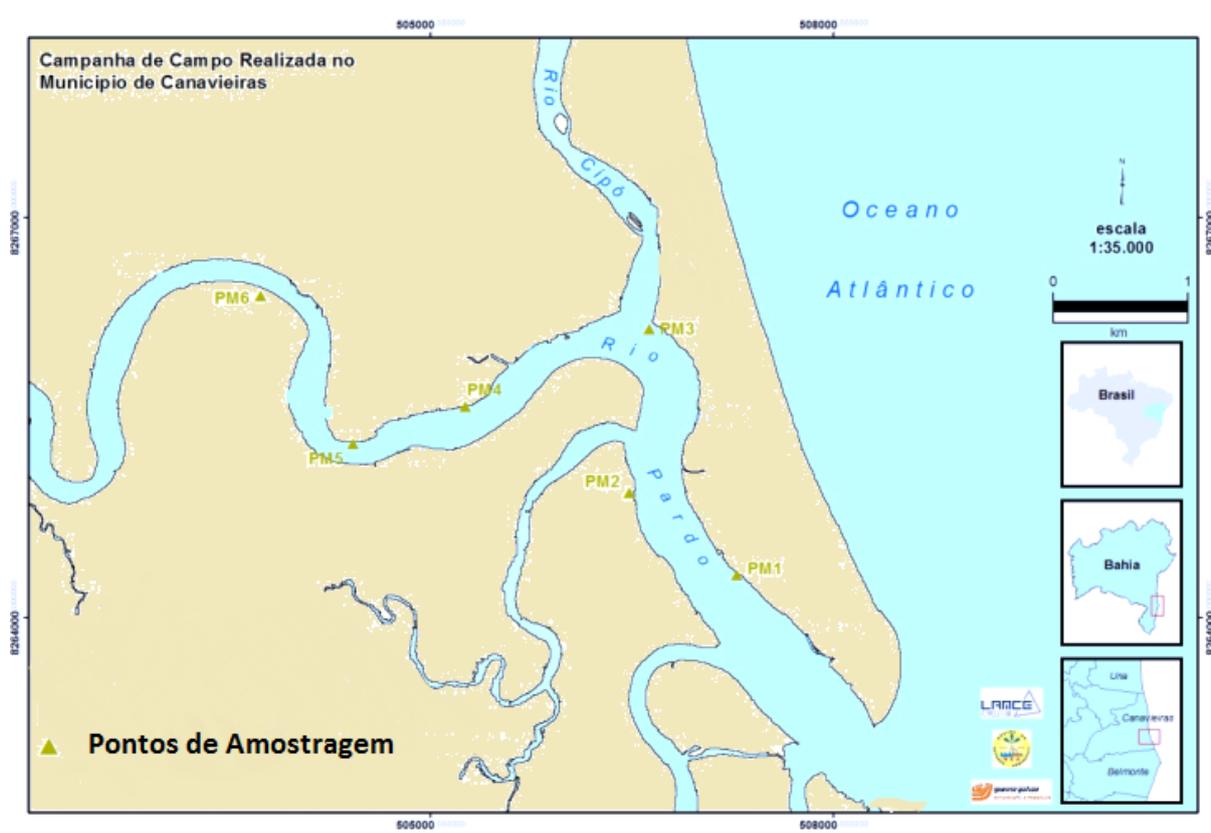
Figura 2 - Mapa de localização do Município de Una (Rio Una), na região litoral sul do Estado da Bahia e dos pontos de amostragem, em seu manguezal



Fonte: Adaptado de CELINO et al. (2014).

A criação de uma Reserva Extrativista (RESEX), em junho de 2006, em área litorânea do município de Canavieiras foi concebida com o objetivo de restaurar o ecossistema local já degradado ou ameaçado de degradação, pois a inserção dessa RESEX foi feita inclusive nas áreas onde estavam previstas a colocação de alguns *resorts*. Essa implantação dava uma possível garantia das condições de sobrevivência de trabalhadores artesanais, mas em contrapartida também inibiu a inserção ou permanência de certas atividades econômicas não típicas do extrativismo em sua área de abrangência (AGUIAR et al., 2011).

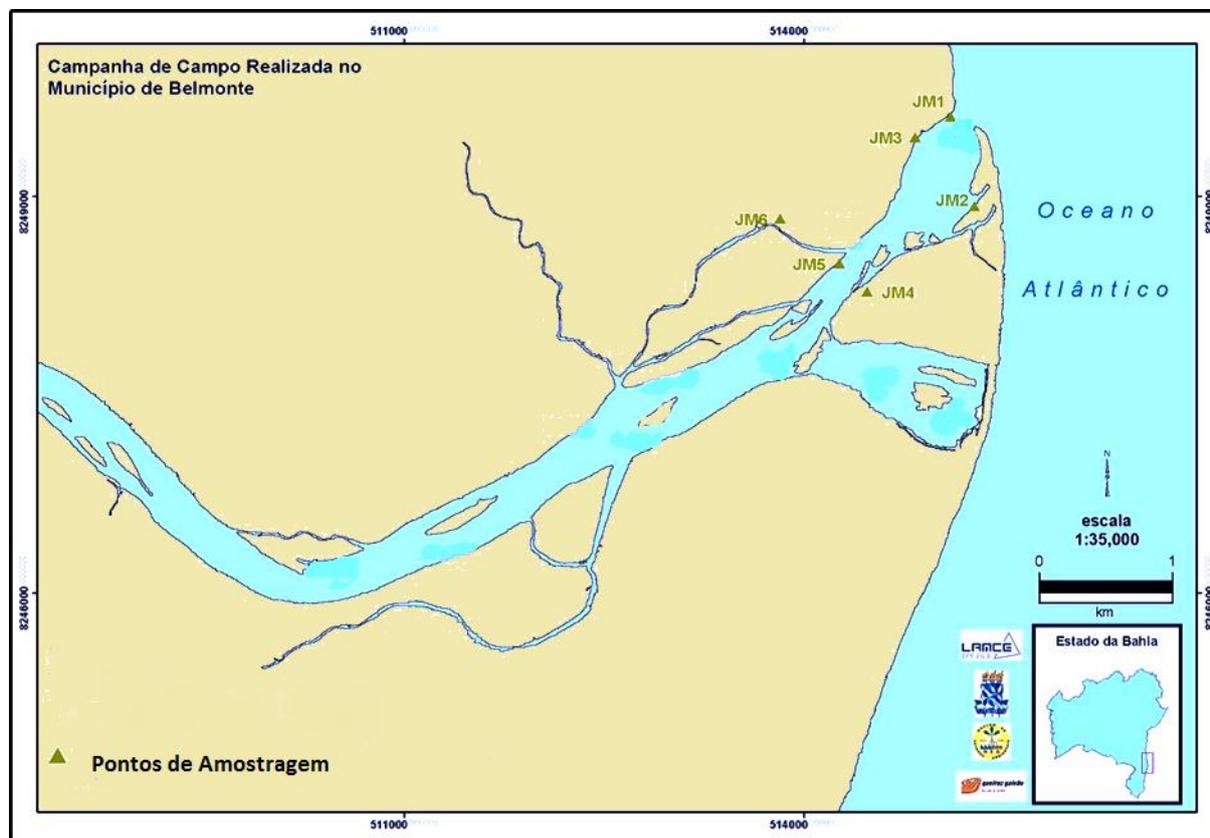
Figura 3 - Mapa de localização do Município de Canavieiras (Rio Pardo), na região litoral sul do Estado da Bahia e dos pontos de amostragem, em seu manguezal



Fonte: Adaptado de CELINO et al. (2014).

A bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha que pode ser visualizada no mapa da figura 4 está inserida no trecho costeiro denominado de Costa do Descobrimento (SILVA, 2008). Com uma altitude de aproximadamente 1.200m, nasce nas serras do Espinhaço, a sul da cidade de Diamantina, próximo à localidade de Capivari, sopé de Morro Redondo (IBGE, 1997) e desemboca no Oceano Atlântico, formando um delta dominado por ondas, onde está instalada a cidade de Belmonte (LIMA, 2011). Ao longo da extensão a bacia confina, várias pequenas bacias (a norte a bacia do Rio Pardo, a sul limita com a bacia do Rio Doce, a sudeste com o maciço do Espinhaço sendo divisor da bacia do Rio São Francisco e a leste situa-se o Oceano Atlântico). Os principais afluentes do rio Jequitinhonha são os rios Itacambiruçu, Salinas, São Pedro e São Francisco, pela margem esquerda; e Araçuaí, Piauí e São Miguel, pela margem direita (IBGE, 1997).

Figura 4 - Mapa de localização do Município de Belmonte (Rio Jequitinhonha), na região litoral sul do Estado da Bahia e dos pontos de amostragem, em seu manguezal



Fonte: Adaptado de CELINO et al. (2014).

4.2 Materiais e métodos

As amostras de caranguejo do gênero *G. cruentata* foram coletadas em maio de 2013, nos baixos cursos dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha, dos municípios de Una, Canavieiras e Belmonte, respectivamente, sendo todos os pontos amostrados georeferenciados conforme foram apresentados nas figuras 2, 3 e 4. Em cada manguezal, foram amostrados seis pontos, sendo em cada ponto coletados 20 animais (10 fêmeas e 10 machos), somando um total de 120 amostras para cada região. Assim, o estudo contou com a totalidade de 360 indivíduos. Esses foram coletados por marisqueiras da região, que utilizaram para a captura varas de bambu e uma linha de náilon presa a essas. Para atrair os aratus, foi utilizado como iscas tecidos de animais mortos preso no anzol. Após a captura, eles foram recolhidos e posteriormente armazenados num freezer para conservação até posterior análise.

Realizou-se a sexagem (identificação de machos e fêmeas), biometria (medida do peso úmido, comprimento e largura da carapaça) e dissecação (retirada do tecido da região cefalotorácica) dos indivíduos capturados. Parte do que foi realizado nessas etapas pode ser observado na Figura 5. As medidas de comprimento e largura foram realizadas utilizando-se um paquímetro digital e a dissecação foi feita com uma tesoura de material inoxidável, sendo os tecidos recolhidos e armazenados em fracos plásticos e rotulados com a identificação de cada amostra. Após a dissecação, as amostras foram secas em um liofilizador (LIOTOP modelo L101), e em seguida mantidas em dessecador até a etapa de digestão.

A descontaminação de todo material utilizado nas etapas de coleta e análise consistiu inicialmente na lavagem com água corrente, seguida da imersão em banho de extran 0,5% (v v⁻¹) por 24 horas, seguida de descontaminação em banho de ácido clorídrico (HCl) 10 % (v v⁻¹) por 24 horas com posterior enxágue com água deionizada. Após a lavagem, o material foi seco à temperatura local, em ambiente livre de contaminação e acondicionado em sacos plásticos e caixas de isopor para transporte até o local de amostragem ou utilização durante a análise.

Para as análises químicas foram utilizados os ácidos nítrico (HNO₃) e sulfúrico (H₂SO₄), bem como o peróxido de hidrogênio (H₂O₂), de grau analítico (Merck, Alemanha). A água ultrapura utilizada foi obtida utilizando-se o sistema de ultrapurificação da Millipore (Merck, Alemanha). A solução padrão contendo os elementos que foram determinados foi obtida da (Merck, Alemanha) na concentração de 1000 mg L⁻¹, a partir da qual foram preparadas soluções de calibração.

Os dados foram pré-processados usando o autoescalamento. Foi utilizado o programa *STATISTICA*® 8.0 para Windows no tratamento estatístico dos dados e geração dos gráficos.

Figura 5 – Etapas de pré-preparo das amostras de *G. cruentata* coletados nos manguezais dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha. (a) sexagem; (b) análise biométrica; (c) dissecação



Fonte: Adaptado de Menezes et al. (2014).

Neste estudo utilizou-se brânquias e hepatopâncreas dos animais (são os primeiros órgãos do caranguejo que entram em contato com os contaminantes), sendo que cada tecido seguiu uma metodologia de digestão diferente, visto que possuem características distintas já que o hepatopâncreas tem uma matriz mais orgânica (muita gordura) enquanto que o tecido branquial tem é uma matriz mais fibrosa (ou inorgânica), embora todos tenham sido por digestão ácida à quente. Para a digestão de amostras de hepatopâncreas, pesou-se cerca de 0,1 g do tecido em um tubo de vidro, adicionou-se 1,0 mL de H_2SO_4 concentrado e em seguida, aqueceu-se em bloco digestor (Tecnal TE-007D) à 100 °C por aproximadamente 2h. À temperatura ambiente acrescentou-se 1,5 mL de HNO_3 concentrado, aquecendo-se novamente à 200°C por 3h. Em seguida, transferiu-se para um frasco de polietileno levando-se a volume de 15,0 mL com água ultrapura.

Para a digestão das brânquias foi pesado 0,1 g de amostra do tecido macerado e colocado em um tubo de vidro. Adicionou-se 2,0 mL de HNO_3 concentrado e colocado no bloco digestor à 150°C por 2h. À temperatura ambiente, acrescentou-se 1,0 mL de H_2O_2 e posterior aquecimento à 150°C por 1h. Em seguida, fez-se transferência para frasco de polietileno, sendo levado à volume até 15,0 mL com água ultrapura.

A determinação dos elementos foi realizada por Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP OES) (Agilent 720 Series), utilizando as condições descritas na Tabela 1. Além das amostras, em triplicata, foram analisados brancos e o material de referência para avaliar a precisão e exatidão do método.

Tabela 1 - Parâmetros instrumentais utilizados para a determinação por ICP OES no LEPETRO/NEA/IGEO/UFBA

Parâmetros	Características
Câmara de nebulização	Ciclônica (<i>Single Pass</i>)
Nebulizador	<i>SeaSpray</i>
Potência (kW)	1.10
Vazão do gás do plasma (L min ⁻¹)	15
Vazão do gás auxiliar (L min ⁻¹)	1,5
Vazão do gás de nebulização (L min ⁻¹)	0,75
Elementos e comprimentos de onda (nm)	Al (396.152); Zn (213.857); V (311.837); Pb (220.353); Ni (231.604); Fe (259.940); Cd (226.502); Co (228.615); Cr (267.716); Ba (455.403); As (188.980); Cu (324.754); Sr (421.552); Mo (204.598); Mn (257.610)
Limites de quantificação (mg Kg ⁻¹)	Al (1,56); Zn (0,01); V (0,16); Pb (0,32); Ni (0,25); Fe (0,72); Cd (0,30); Co (0,36); Cr (0,64); Ba (0,57); As (0,30); Cu (0,35); Sr (0,30); Mo (0,30); Mn (0,50)

Fonte: Autora (2016).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram determinados os parâmetros biométricos largura e comprimento de carapaça, bem como o peso úmido de cada indivíduo coletado. Utilizou-se os tecidos hepatopâncreas e brânquias para a determinação de elementos maiores e traços dos caranguejos da espécie *G. cruentata* nos três estuários estudados (Pardo, Jequitinhonha e Una). Utilizou-se a Análise de Variância (ANOVA) para comparar e avaliar os dados médios obtidos.

5.1 Determinação de elementos maiores e traço

Foram determinadas as concentrações dos elementos maiores (Al, Fe e Mn) e dos elementos traço (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Zn, Sr e V), nas brânquias e nos hepatopâncreas dos Aratu capturados. As concentrações médias, por sexo, estão dispostas na Tabela 3, estando as concentrações totais dispostas nos Apêndices B e C. Os elementos Co, Cr, Mo, Ni, Pb e V estão abaixo do limite de quantificação do método (LQM) em alguns manguezais, porém o Cd estava abaixo do (LQM) em todas amostras.

Os elementos traço Cd, Mo, Co, Cr, Ni, Pb e V estavam abaixo do limite de quantificação do método (LQM) nas amostras de hepatopâncreas. Somente as concentrações de Cd nas brânquias estavam abaixo do LQM para todas as amostras.

Nos manguezais em estudo, maiores concentrações médias dos elementos Al, Fe e Mn foram encontradas no tecido branquial das fêmeas do rio Pardo sendo 4689,4 mg Kg⁻¹, 5264,3 mg Kg⁻¹, 103,2 mg Kg⁻¹, respectivamente. As maiores concentrações para machos, no tecido branquial foi no rio Una, sendo 5423,3 mg Kg⁻¹, 5483,3 mg Kg⁻¹ e 63,5 mg Kg⁻¹, respectivamente, para os três elementos citados. Com relação aos hepatopâncreas, maiores concentrações médias de Al foram determinadas no rio Pardo para fêmeas e machos, 238,0 mg Kg⁻¹ e 120,5 mg Kg⁻¹, respectivamente; já para Fe e Mn, maiores concentrações médias foram determinadas no rio Jequitinhonha 447,0 mg Kg⁻¹ e 6,36 mg Kg⁻¹ (machos) e 559,5 mg Kg⁻¹ e 137,2 mg Kg⁻¹ (fêmeas), respectivamente. Através da análise de variância, observou-se que somente os resultados de manganês no hepatopâncreas são estatisticamente diferentes $p < 0,05$ ($6,5426^{-06}$), entre machos e fêmeas, nos tres estuários estudados.

Tabela 2 - Concentração média e desvio padrão (n=6) de elementos maiores e traço, expressas em mg Kg⁻¹, para diferentes tecidos dos caranguejos da espécie *G. cruentata* coletados nos Estuários dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha – sul do Estado da Bahia

Área		Una				Pardo				Jequitinhonha			
Tecido		Brânquias		Hepatopâncreas		Brânquias		Hepatopâncreas		Brânquias		Hepatopâncreas	
Sexo		Macho	Fêmea	Macho	Fêmea	Macho	Fêmea	Macho	Fêmea	Macho	Fêmea	Macho	Fêmea
Concentração	Al	5423,3 ± 4309,8	3585,6 ± 751,5	120,5 ± 43,8	103,9 ± 29,4	4515,4 ± 641,8	4689,4 ± 886,2	120,5 ± 60,5	238,0 ± 205,5	3623,6 ± 927,1	3623,6 ± 453,7	99,3 ± 38,6	112,1 ± 21,7
	As	12,33 ± 470	12,39 ± 5,85	0,64 ± 1,18	2,8 ± 3,63	7,91 ± 3,05	9,83 ± 3,47	0,64 ± 0,93	1,12 ± 1,36	4,39 ± 0,89	4,56 ± 1,38	0,6 ± 0,95	1,34 ± 1,92
	Ba	7,01 ± 1,36	6,68 ± 1,15	2,07 ± 1,45	<LQM	10,22 ± 2,54	11,35 ± 3,43	2,07 ± 1,24	2,23 ± 0,82	9,55 ± 2,41	8,71 ± 1,79	4,24 ± 1,62	4,91 ± 1,97
	Cd	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM
	Co	1,36 ± 0,78	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	1,53 ± 1,00	<LQM	<LQM	1,3 ± 0,48	1,66 ± 0,51	<LQM	0,59 ± 0,34
	Cr	4,04 ± 1,02	3,86 ± 0,90	<LQM	<LQM	4,82 ± 0,62	5,07 ± 0,19	<LQM	<LQM	3,29 ± 0,64	3,59 ± 0,52	3,92 ± 3,71	4,17 ± 2,91
	Cu	157,6 ± 30,1	142,5 ± 26,43	109,5 ± 69,8	83,0 ± 23,7	201,2 ± 26,2	181,4 ± 20,7	109,5 ± 32,7	111,5 ± 24,2	209,3 ± 20,5	191,2 ± 23,9	176,9 ± 45,1	167,2 ± 50,6
	Fe	5483,3 ± 3624,5	3599,7 ± 898,4	387,8 ± 255,3	243,8 ± 59,3	4511,9 ± 463,6	5264,3 ± 1864,0	387,8 ± 195,2	446,0 ± 83,4	2951,5 ± 371,6	3554,2 ± 486,6	447,0 ± 340,8	559,5 ± 361,0
	Mn	63,5 ± 37,8	49,75 ± 28,4	6,12 ± 3,23	19,0 ± 5,90	59,2 ± 39,7	103,2 ± 144,8	6,12 ± 3,36	20,0 ± 9,60	52,0 ± 37,4	57,0 ± 37,2	6,363 ± 1,97	27,1 ± 17,2
	Mo	1,14 ± 1,46	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM	<LQM
	Ni	2,47 ± 1,56	1,69 ± 0,59	<LQM	<LQM	2,46 ± 0,22	2,45 ± 0,45	<LQM	<LQM	2,1 ± 0,50	2,44 ± 0,30	<LQM	0,5 ± 0,5
	Pb	3,55 ± 1,45	2,59 ± 1,2	<LQM	<LQM	3,04 ± 0,39	4,04 ± 1,71	<LQM	<LQM	3,33 ± 1,2	3,65 ± 1,0	<LQM	<LQM
	Sr	94,1 ± 22,5	75,2 ± 18,0	128,4 ± 16,5	124,3 ± 26,02	89,7 ± 14,0	91,2 ± 21,1	128,4 ± 38,6	142,4 ± 31,6	72,0 ± 3,90	74,7 ± 13,7	133,4 ± 27,4	137,7 ± 9,07
	V	16,7 ± 6,63	14,8 ± 6,30	<LQM	<LQM	14,9 ± 5,06	20,4 ± 6,30	<LQM	<LQM	9,34 ± 2,13	12,7 ± 3,03	<LQM	<LQM
Zn	41,7 ± 2,35	42,5 ± 2,65	44,3 ± 11,0	57,0 ± 20,34	43,6 ± 5,02	45,5 ± 4,63	44,3 ± 18,0	72,7 ± 20,1	40,6 ± 5,07	42,5 ± 2,04	39,8 ± 13,0	57,1 ± 12,5	

< LQM: Concentração abaixo do limite de quantificação do método

Fonte: Autora (2016).

No tecido branquial dos indivíduos coletados (machos e fêmeas) nos estuários estudados maiores concentrações de As e Mo foram determinadas no rio Una; Ba, Cr, Cu, Ni, Sr, V e Zn, no rio Pardo; e Co e Pb no rio Jequitinhonha. No hepatopâncreas as maiores concentrações de As foram determinadas nos indivíduos do rio Una; Zn no rio Pardo; e Ba, Co, Cr, Cu e Sr, no rio Jequitinhonha. Ao realizar a ANOVA constatou-se que apenas as concentrações de Zn ($p=0,0012$), Ni ($p=0,0009$) e V ($p=0,0303$) no hepatopâncreas tiveram diferenças significativas $p<0,05$. Avaliando a diferença de concentração entre os sexos nos diferentes tecidos, observou-se, de acordo com a ANOVA, que não há distinção de sexo em ambos os tecidos sendo o $p= 0,9782$ para hepatopâncreas e $p= 0,938$ para brânquias, ou seja, $p> 0,05$.

Segundo Mantelatto e Christofolletti (2001), os caranguejos na fase jovem possuem uma dieta diferente dos organismos na fase adulta. Em contrapartida, segundo VIRGA (2006), machos e fêmeas da mesma espécie possuem uma dieta semelhante, porém devido à pequena malha amostral do presente estudo ($n=10$) não foi possível identificar diferenças nas concentrações entre machos e fêmeas. Mantelatto (2000) ao trabalhar com *Callinectes ornatus* na Baía de Ubatuba, pôde constatar que existe similaridade na dieta entre fêmeas e machos, provavelmente, como já dito anteriormente, devido a ocupação do mesmo habitat durante grande parte da vida.

De acordo com Virga e Geraldo (2008) existe uma tendência de fêmeas concentrarem uma maior quantidade de elementos traço. Macfarlane e colaboradores (2000), ao trabalharem com o *Heloccius cordiformis* (caranguejo terrestre), conseguiram observar que fêmeas e machos da mesma espécie, quando são encontrados em um mesmo local, e sendo submetidos às mesmas condições ambientais, existe uma tendência de que as fêmeas acumulem mais cobre e zinco em relação aos machos, como uma função da maturidade sexual de fêmeas para a produção do vitelo presente no ovo. Contudo, no presente estudo, com o teste da ANOVA, foi observado e verificado um comportamento similar apenas para o Zn, onde esse elemento no hepatopâncreas ($p=0,001$) teve diferença significativa e médias maiores para fêmeas, e nas brânquias ($p= 0,229$). Já para o Cu nos hepatopâncreas ($p=0,883$) e nas brânquias ($p=0,110$), não demonstraram significância.

Menezes (2012) ao analisar as concentrações de elementos traço no caranguejo Aratu no sul da Bahia encontrou, a partir do teste da ANOVA, diferença significativa entre os sexos onde os machos tiveram maiores concentrações de Cu, Mn e Zn; e o Cd teve suas maiores médias no sexo masculino.

Comparando-se os diferentes tecidos nos três manguezais observou-se que, de modo geral, as maiores concentrações dos elementos foram determinadas no tecido branquial. Nas brânquias e hepatopâncreas, o elemento traço com maior concentração média foi o Cu, $180,52 \text{ mg Kg}^{-1}$ e $128,87 \text{ mg Kg}^{-1}$, respectivamente. O cobre está presente na

hemocianina, um pigmento respiratório da maioria dos crustáceos, que atua como carreador de oxigênio. Quando esses organismos chegam ao período de muda, o referido pigmento é armazenado até o término dessa fase no hepatopâncreas (CHAGAS, 2008), podendo justificar os altos índices nesse tecido. Em processos subsequentes de reciclagem do metal, ocorre uma expressiva alteração na concentração nesse mesmo tecido, sendo eliminado por excreção através das fezes ou urina (MACFARLANE et al., 2000; CHAGAS, 2008).

Segundo Macfarlane e colaboradores (2000), os elementos essenciais só são regulados até certos limites, podendo ocorrer bioacumulação, caso os níveis disponíveis no ambiente ultrapassem os limites para regulação nos organismos. Silva e colaboradores (2011) ao analisar elementos traço nas brânquias e nos hepatopâncreas do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus*, verificou na concentração de Cu uma hierarquia nos tecidos estudados B>H=M (as maiores concentrações nas brânquias e similaridade nos níveis encontrados nos hepatopâncreas e músculos), resultados similares encontrados no presente estudo. Harris e Santos (2000), ao estudar o *Callinectes danae* encontraram valores significativos de Cu tanto nas brânquias quanto nos hepatopâncreas.

Os analitos estudados exibiram um padrão de distribuição, na seguinte ordem decrescente de concentração nas brânquias: Al > Fe > Cu > Sr > Mn > Zn > V > Ba > As > Cr > Pb > Ni > Co > Mo; e nos hepatopâncreas: Fe > Al > Cu > Sr > Zn > Mn > Ba > Cr > As > Pb > V > Ni > Co > Mo > Cd. Quando analisada conjuntamente a variância das concentrações nos sexos e nos manguezais levando em consideração apenas os dois tecidos, constatou-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre o tecido branquial e o hepatopâncreas em todos os elementos estudados, sendo maiores concentrações determinadas no tecido branquial. As altas concentrações nas brânquias já eram esperadas, visto que os elementos traço presentes no ambiente são adsorvidos primeiramente pelas brânquias por apresentar uma alta permeabilidade (MENEZES et al., 2014).

Menezes e colaboradores (2014) investigaram a capacidade do *G. cruentata* de ser um bioindicador para a região do sul da Bahia (rio Una, rio Pardo e rio Jequinhonha) e analisou as concentrações do Ba, Fe, Cu, Mn, Zn, Ni, V, Cd. Na Tabela 4 tem-se a comparação dos dados obtidos por Menezes et al. (2014), referente às coletas dos meses de novembro de 2011, abril e outubro de 2012, em comparação com os resultados deste trabalho, com coleta referente ao mês de maio de 2013. Verificou-se, de um modo geral, que as concentrações de Zn aumentaram em todos os manguezais e as de Cd diminuíram, com concentrações abaixo do limite de quantificação. De forma mais detalhada, constatou-se que os níveis dos analitos não mantiveram um comportamento semelhante entre as áreas de estudo. Em Una o Ba, Cu e o Zn tiveram acréscimo nos seus valores, o Cd, Fe e V diminuíram, e os valores de Mn e Ni variaram com o tecido. Em Belmonte, as concentrações de Cu, Mn e Zn aumentaram, enquanto que as de Ba, Cd, Ni e Fe, diminuíram. Já a concentração de Ni

aumentou apenas nas brânquias. Em Canavieiras, O Ba, Cu e Zn aumentaram, o Cd, Fe, Mn, V diminuíram e o Ni teve o mesmo comportamento que Belmonte, tendo suas concentrações mais elevadas apenas em brânquias.

Foram encontradas altas concentrações de ferro e alumínio, o que já era esperado, pois eles fazem parte da composição da crosta terrestre e são elementos essenciais para a biota, sendo os mais importantes elementos metálicos no ambiente terrestre (CHAGAS, 2008).

A mobilidade e biodisponibilidade de metais no ambiente são dependentes de sua concentração total e da influência de diferentes parâmetros físico-químicos (PINHEIRO et al., 2013). Como consequência, as concentrações determinadas na biota são reflexos dos encontrados no ambiente. Segundo Celino e colaboradores (2014), os valores de pH determinados foram similares para os rios Pardo, Jequitinhonha e Una, com médias de 6,8; 6,9 e 6,7, respectivamente. Assim, como o baixo pH da água favorece uma maior dissolução dos íons (ESCOBAR, 2013), e essas áreas compartilham de características químicas semelhantes, isso pode justificar a não distinção das áreas nos resultados encontrados. Ao estudar elementos traço na água superficial, material particulado em suspensão e no sedimento de fundo nos baixos cursos dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha, Escobar e colaboradores (2014), verificaram que existem semelhanças nos níveis de elementos traço nas três áreas de estudo

As altas concentrações de Fe encontradas nos dois tecidos podem estar relacionadas com o fato de que esse metal tem um papel essencial no processo enzimático (MERFA, 2010), pois é um cofator de muitas enzimas e de respiração para todos os organismos (PORPINO, 2009) inclusive para os crustáceos (MERFA, 2010), além de ser encontrado em grandes concentrações na crosta terrestre, podendo favorecer a uma maior assimilação para o organismo. O Fe tem sua maior absorção em ambientes em que o pH fica entre 6,0 e 7,0, justificando o maior valor encontrado no estuário do rio Una no tecido branquial em que essa propriedade físico-química fica entre esse intervalo, como mostrado por Celino e colaboradores (2014). Assim como o Fe, o Al também teve sua maior concentração nas brânquias no manguezal de Una e o Cu no manguezal do rio Pardo. No hepatopâncreas as maiores concentrações de Fe e Al foram encontradas nos manguezais do rio Jequitinhonha e Cu no rio Pardo. Segundo Escobar e colaboradores (2014), ao estudar a concentração de Fe nessa região, verificou que o mesmo se manteve com o nível elevado em todos os rios, dando a justificativa que esse índice provém das rochas.

Outros trabalhos foram realizados em caranguejos, determinando teores de elementos para a avaliação ambiental, como pode ser visto na Tabela 4. Chagas (2008) ao analisar concentrações de elementos traço nos hepatopâncreas e nas brânquias do *Trichodactylus fluviatilis* na bacia do rio Corumbataí (SP), encontrou teores menores de Cu e

Zn do que o presente estudo, e suas maiores concentrações no tecido branquial quando comparado com o hepatopâncreas. Merfa (2010) ao analisar o caranguejo *Ucides cordatus* na baixada Santista encontrou concentrações menores do que o presente estudo para os elementos Cu, Fe, Mn, Ni, Zn, Cr, Pb e Al, já para o Cd ele também encontrou concentrações abaixo do limite de detecção do equipamento.

O Cu é a principal fonte de contaminação dos sistemas aquáticos (CHAGAS, 2008). Mesmo sendo um micropigmento importante para os crustáceos Decápodes (MACFARLANE et al., 2000), o acúmulo de elementos traço afeta o seu metabolismo devido a necessidade de maior energia gasta com a excreção e desintoxicação desses elementos. No presente estudo ele se encontra acima dos valores estabelecidos pela AVISA (1965) que é de 30 mg Kg⁻¹, quando analisado músculos, podendo representar alteração na concentração desse analito no ambiente. Em relação ao presente estudo, as concentrações de Cu determinadas por Menezes et al. (2014) tiveram um acréscimo, como pode ser visto na Tabela 4.

De acordo com a ANVISA (1998) as concentrações permitidas para Pb e Cd são, respectivamente, 2,0 e 1,0 mg Kg⁻¹, assim, analisando a Tabela 4 as concentrações desses elementos no hepatopâncreas estão dentro dos limites estabelecidos. Porém, nas brânquias o valor de Pb está um pouco acima do permitido (Una – 3,08 mg Kg⁻¹ e Belmonte – 3,49 mg Kg⁻¹) e o Cd está abaixo. Segundo Chagas (2008) o chumbo não possui função biológica conhecida e seus efeitos sobre os organismos podem ser deletérios. Para Carvalho e colaboradores (2003), o chumbo, por ser uma substância tóxica em altas doses, pode causar efeitos fisiológicos negativos para o organismo humano, podendo provocar morte ou danos mais graves na função cerebral dentre outros órgãos. O grau de toxicidade vai depender da duração em que o organismo ficou exposto, assim como o nível do contaminante. Não sendo um elemento essencial para a fisiologia do corpo humano, e por sua existência no mesmo depender da via de exposição, pode levar a efeitos tóxicos.

Seguindo a ANVISA (1965) os valores permitidos de Cu, Cr, Ni e Zn são, respectivamente, 30 mg Kg⁻¹; 0,1 mg Kg⁻¹; 5,0 mg Kg⁻¹ e 5,0 mg Kg⁻¹, sendo assim, tanto as concentrações encontradas no hepatopâncreas e no tecido branquial para Cu, Cr e Zn estavam acima do permitido, sendo que as concentrações de Ni estavam abaixo do limite estabelecido por essa agência reguladora de saúde. Para os demais elementos, não foram encontrados valores orientadores na legislação.

Tabela 3 - Médias das concentrações dos elementos traço determinados em tecidos do caranguejo *G. cruentata* (seis fêmeas e seis machos para cada matriz; n=12) coletados nos manguezais dos estuários dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha, comparados com valores permitidos pela ANVISA (1965/ 1998) e com outros trabalhos

Estudos	Variáveis Usadas	Concentrações mg Kg ⁻¹										
		Ba	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	V	Zn	Cr	Pb	Al
Presente Estudo UNA	Brânquias	6,85	< LQM	150,10	4541,50	56,59	2,09	15,77	42,06	3,95	3,08	4504,48
	Hepatopâncreas	2,01		104,09	301,18	13,40	< LQM	< LQM	51,10	2,10	< LQ	105,36
Presente Estudo BELMONTE	Brânquias	9,14	< LQM	200,21	3252,85	54,48	2,28	11,04	41,54	3,45	3,49	3713,81
	Hepatopâncreas	4,58		172,04	503,23	16,71	< LQM	< LQM	48,40	4,05	3,55	105,74
Presente Estudo CANAVIEIRAS	Brânquias	10,79	< LQM	191,27	4888,06	81,17	2,46	17,64	44,55	4,95	< LQ	4602,42
	Hepatopâncreas	2,15		110,49	416,89	13,04	< LQM	< LQM	58,50	1,77		179,26
MENEZES, et al (2014) UNA	Brânquias	5,18	0,2	90,9	5628,78	168,2	1,32	21,9	5,24	NA	NA	NA
	Hepatopâncreas	1,68	0,02	50,32	534,21	7,87	0,64	0,21	3,124			
MENEZES, et al (2014) BELMONTE	Brânquias	10,56	0,23	154,1	212,21	2,92	23,02	0,52	4,16	NA	NA	NA
	Hepatopâncreas	4,69	0,03	172,7	20,8	1,63	0,52	18,54	3,16			
MENEZES, et al (2014) CANAVIEIRAS	Brânquias	6,31	0,19	135,12	6207,86	143,3	2,3	18,54	3,16	NA	NA	NA
	Hepatopâncreas	1,27	0,01	48	609,03	15	1,36	0,43	4,9			
ANVISA (1965)	*	NE	1,0	30,0	NE	NE	30,0	NE	50,0	0,1	2,0	NE
ANVISA (1998)	*		1,0	NE			NE		NE	NE	2,0	
CHAGAS (2008)	Brânquias	NA	NA	35	NA	NA	35	NA	19	NA	NA	141
	Hepatopâncreas			26			26		29			164,44
MERFA, 2010	Brânquias	NA	<LQ	15	187	2	3	NA	19	NA	<LQ	377
	Hepatopâncreas			7	75	2	0,6		25			6

(< LQM) abaixo do limite de quantificação do método; (NA) não analisado; (<LQ) abaixo do limite de quantificação. MENEZES, et al (2014) estudou elementos traço no *Goniopsis cruentata* dos manguezais de Una (rio Una), Belmonte (rio Jequitinhonha) e Canavieiras (rio Pardo) no qual analisou tecidos de brânquias, hepatopâncreas e músculos em dois campos. CHAGAS, 2008 analisou as brânquias, hepatopâncreas e músculos do *Trichodactylus fluviatilis* na bacia do rio Corumbataí-SP onde foram realizados dois campos. MARFA, 2010 determinou elementos traço no caranguejo *Ucides cordatus* na baixada santista

Fonte: Autora (2016).

O zinco desempenha um papel importante no corpo humano, sendo um componente das enzimas que conduzem o CO₂ desde os tecidos até os pulmões (BENCHIMOL, 2011), além de funcionar como regulador das atividades de muitas outras. A exposição ao zinco em altas quantidades pode causar dores de estômago, irritações de pele, distúrbios no metabolismo de proteínas e quando a exposição ocorre em grandes quantidades por períodos prolongados, pode haver a ocorrência de anemia e esterilidade (BENCHIMOL, 2011). Mesmo sendo um elemento traço essencial para os caranguejos, quando encontrado em níveis elevados pode ser tóxico acarretando retardo no crescimento, bem como redução do consumo de oxigênio (RAMOS, 2012). O cromo é um elemento essencial para todos os organismos e sua deficiência pode resultar em algumas formas de diabetes e problemas cardíacos (VIRGA, 2006). A exposição humana e de outros organismos ao cromo pode se dar através da ingestão pelo ar, pelos alimentos, pela água e pelo contato com a pele. Assim, acumula-se com frequência em organismos aquáticos, colocando em risco a saúde de quem consome peixes e outros organismos que tenham sido expostos a altos níveis do elemento (SILVA, 2011).

O cobre trata-se de um elemento essencial aos organismos vivos, fazendo parte da fisiologia de alguns animais, como a maioria dos crustáceos e moluscos, incluído na composição do pigmento respiratório da hemolinfa (hemocianina) (Silva 2011). Somado a isso, o excesso desse elemento na dieta pode provocar inativação de enzimas, vômito, epilepsia, além de irritação do sistema nervoso central, podendo levar o ser humano ao estado de depressão. (CASTRO, 2006). Nos crustáceos, especialmente, quando encontrado em baixas concentrações, esse elemento atua na função respiratória, constituindo o pigmento hemocianina, transportador dos gases da respiração. Em contrapartida, registram-se efeitos deletérios sobre esses organismos, quando os teores estão acima da capacidade de regulação (TORRES, 2009).

5.2 Dados Biométricos

Foram medidos os parâmetros biométricos dos caranguejos da espécie *G. cruentata*, por sexo, na sua condição inicial. Os exemplares capturados exibiram largura de carapaça (LC) no intervalo entre 34,9 e 47,5 mm, comprimento de carapaça (CC) entre 34,4 e 39,1 mm e peso úmido (PU) de 31,4 – 49,7 g, cujos resultados encontram-se dispostos na Tabela 2. As médias de todas as amostras estão apresentadas no Apêndice A.

Tabela 4 - Dados biométricos médios e desvio-padrão, por sexo, para caranguejos da espécie *G. cruentata* (n = 6) coletados no sul da Bahia

Localidade	Sexo	Largura da carapaça (mm)	Comprimento da carapaça (mm)	Peso úmido (g)
Una	Fêmea	38,92 ± 2,73	32,39 ± 2,46	25,39 ± 6,80
	Macho	42,49 ± 2,62	35,51 ± 2,66	36,23 ± 8,50
Pardo	Fêmea	40,71 ± 2,82	33,41 ± 2,62	27,34 ± 4,33
	Macho	42,66 ± 3,44	35,41 ± 2,86	35,43 ± 9,37
Jequitinhonha	Fêmea	39,42 ± 0,94	32,31 ± 1,15	22,87 ± 1,65
	Macho	41,18 ± 0,94	34,50 ± 2,47	31,30 ± 6,02

Fonte: Autora (2016).

A partir da ANOVA verificou-se que no rio Una somente o comprimento da carapaça não teve diferença significativa com o $p=0,060853$, os demais tiveram diferença, sendo peso com o $p=0,03501$ e largura da carapaça com o $p=0,04335$. No rio Jequitinhonha a largura e o comprimento da carapaça não tiveram diferença significativa entre os sexos, apresentando, respectivamente, $p=0,120645$ e $p=0,078061$, apenas o peso apresentou $p<0,05$ mostrando diferença significativa. Já no rio Pardo não houve diferença significativa nos valores médios dos dados biométricos entre os sexos, apresentando $p>0,05$.

Com a análise biométrica das amostras foi verificado que para algumas variáveis nos manguezais não há dimorfismo sexual quando estudado largura, comprimento e peso dos *G. cruentata*, como comprovado pela análise de variância (ANOVA). Menezes e colaboradores (2012) ao estudar o *G. cruentata* no Complexo Estuarino Lagunar Mundaú, Alagoas, encontrou diferença significativa entre essas três variáveis em relação ao sexo nas estações de estudo, sendo as médias das medidas de LC, CC e PU, respectivamente de machos 29,89 mm, 25,18 mm e 15,04 mm e para fêmeas 28,86 mm, 24,14 mm e 12,09 mm. Pinheiro e colaboradores (2013) ao estudar o *Ucides cordatus* (Crustacea: Ucididae) constatou que a biometria dos caranguejos não diferiu estatisticamente em função do tamanho, quando os animais foram comparados entre Juréia, Itatins e Cubatão, regiões relativamente próximas.

Menezes (2012) ao estudar, em duas campanhas, o *G. cruentata* no sul da Bahia, especificamente nos manguezais do rio Una, Jequitinhonha e Pardo, verificou que na primeira coleta realizada em abril de 2012, não encontrou diferença significativa da LC, CC e peso entre os sexos, porém as fêmeas apresentaram tanto a largura como o comprimento da carapaça maiores do que os machos, e as maiores medidas encontradas para peso foram nos indivíduos do sexo masculino. Na segunda campanha realizada em outubro do mesmo ano encontrou $p>0,05$ para LC, CC e peso entre machos e fêmeas.

Em todos os manguezais estudados, a média da largura da carapaça (LC) está acima da média encontrada por Reis e Cobo (2015), que ao estudarem o *G. cruentata* no sudeste do Brasil encontraram médias para machos e fêmeas de 32, 3 mm com desvio de,

respectivamente, 7,5 e 6,8. Menezes e colaboradores (2012) ao analisarem o mesmo caranguejo no complexo estuarino lagunar Mundaú/ Manguaba, Alagoas, verificaram a presença de fêmeas ovígeras praticamente o ano todo, com picos em alguns meses. Santos e colaboradores (2013) ao estudarem a maturidade sexual do Aratu no manguezal de Caravelas-BA, também verificou a presença de fêmeas ovígeras praticamente todo o ano, porém a maior incidência foi entre janeiro e março, caracterizando a reprodução como sazonal contínua e, aliado a isso, não encontraram diferenças significativas da largura da carapaça entre machos e fêmeas nos meses de maio e junho, assim como o presente estudo. Ainda segundo o mesmo autor, no período de reprodução as fêmeas tendem a ficar menores do que os machos, devido a dinâmica reprodutiva, podendo justificar a ausência de dimorfismo sexual em relação a carapaça encontrada no presente estudo, já que a coleta foi realizada em maio, mês em que não foram verificadas fêmeas ovígeras.

A Análise de componentes Principais (PCA) foi realizada com o objetivo de verificar se há correlação entre as concentrações dos elementos determinados com o tipo de tecido de sexo do aratu e entre as áreas amostrais. A matriz da PCA foi construída dispondo as 72 amostras de brânquias e hepatopâncreas de aratu, de machos e fêmeas, dos três locais de coleta em linhas e as concentrações dos elementos quantificados (Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sr, V e Zn) em colunas. Na Tabela 5 são mostrados os pesos para as variáveis das duas primeiras componentes principais.

As duas primeiras componentes principais são suficientes para explicar a distribuição das amostras de acordo com suas composições elementares. Juntas, a PC 1 e PC 2, são capazes de explicar 88,80% da variância acumulada dos dados. Sendo que a primeira componente é responsável por explicar 81,07% da variância, e a segunda componente contém 8,34% da variabilidade dos dados.

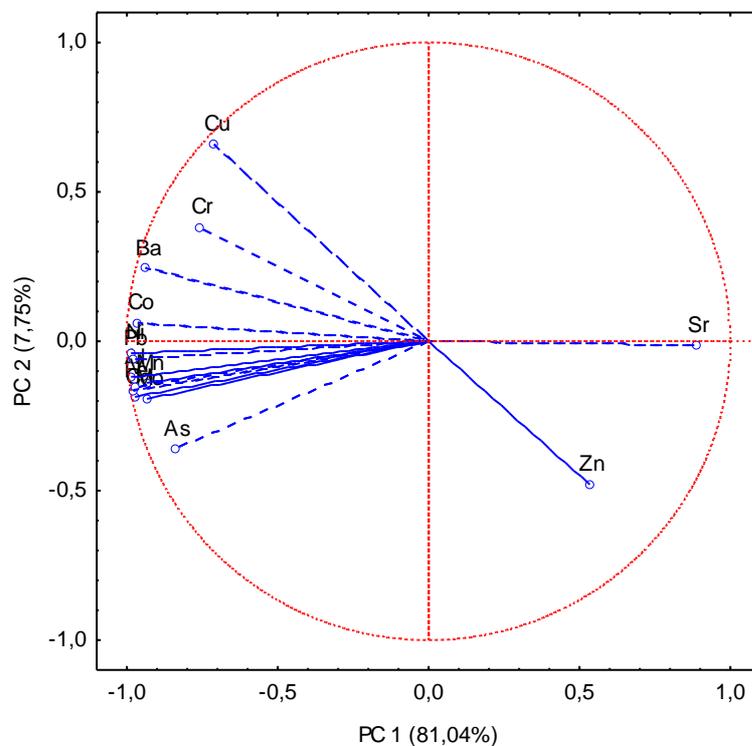
As concentrações de quase todos os elementos analisados mostraram-se com valores de pesos elevados e sinal negativo, exceto Sr e Zn, que apresentaram valores de pesos positivos na PC 1. A concentração de Zn apresentou peso elevado com sinal negativo na PC 2. Essa distribuição espacial das variáveis nos eixos da PC 1 *versus* a PC 2 pode ser melhor visualizada no gráfico de pesos representado na Figura 6.

Tabela 5 - Pesos das variáveis contidas nas duas primeiras componentes principais para as médias das amostras por tecido, sexo e área analisadas do caranguejo *Goniopsis cruentata* coletados nos manguezais dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha localizados no sul da Bahia

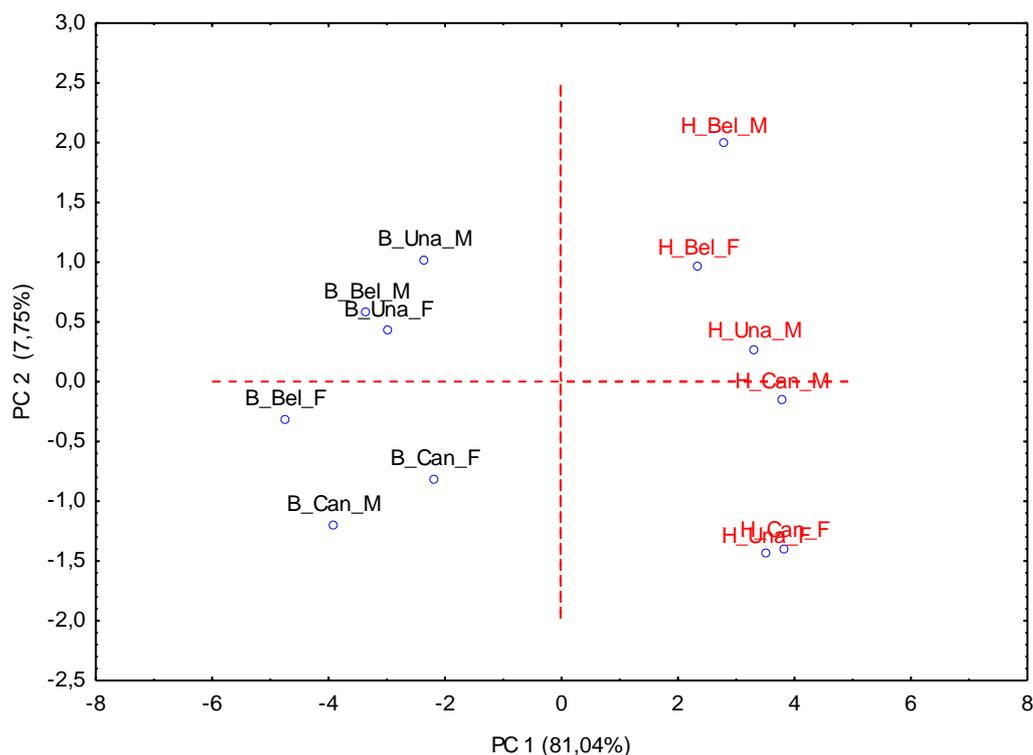
Variáveis	PC 1	PC 2
Al	-0,983	-0,119
As	-0,840	-0,363
Ba	-0,938	0,242
Cd	-0,970	-0,188
Co	-0,963	0,061
Cr	-0,760	0,377
Cu	-0,711	0,656
Fe	-0,978	-0,164
Mn	-0,932	-0,143
Mo	-0,935	-0,183
Ni	-0,984	-0,031
Pb	-0,980	-0,058
Sr	0,884	-0,015
V	-0,975	-0,153
Zn	0,531	-0,480
% Variância	81,07	7,73
% Variância acumulada	81,07	88,80

Fonte: Autora (2016).

Figura 6 - Gráfico de pesos representando 15 elementos quantificados nas brânquias e hepatopâncreas de aratu coletados nos manguezais dos estuários dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha nas duas primeiras componentes principais



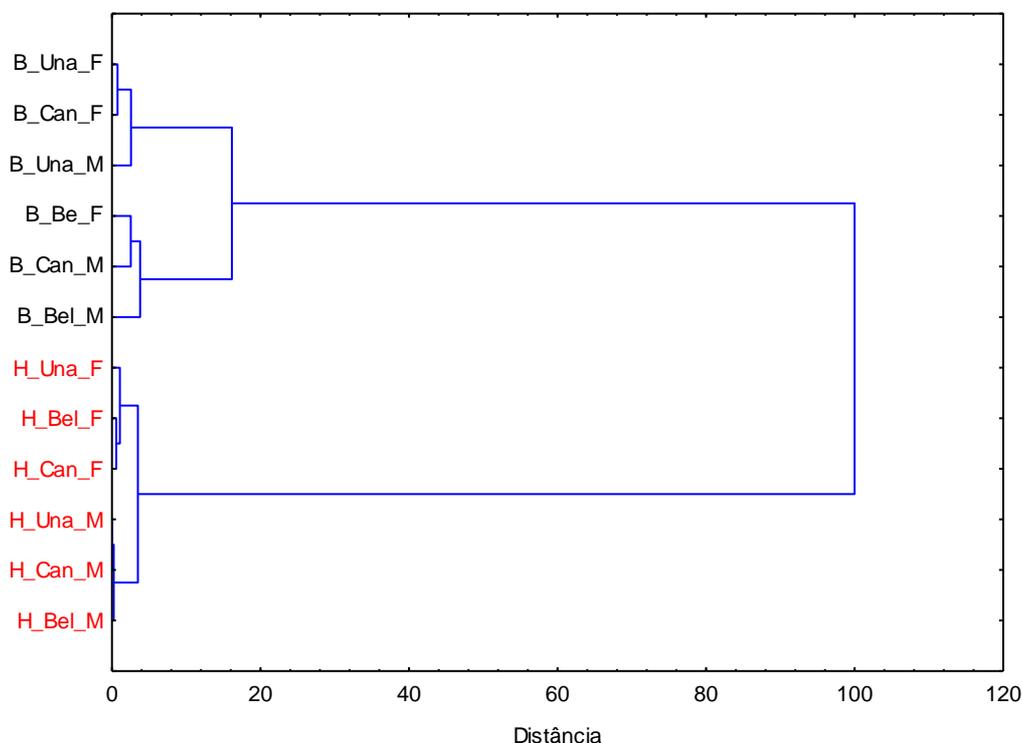
Examinado a Figura 7 que representa o gráfico da PC 1 *versus* PC 2, pode-se observar que as amostras foram separadas em dois grupos distintos de acordo as composições elementares características de cada tipo de tecido analisado. Não foi possível uma distinção entre os sexos dos aratus, bem como das áreas amostrais, indicando que essas duas variáveis têm características similares.

Figura 7 - Gráfico de valores de escores para PC1 *versus* PC2.

A partir da inspeção do eixo da primeira componente principal, é visto que as amostras de brônquias distinguem-se das amostras de hepatopâncreas, e situam-se no eixo de valores negativo dessa PC, sendo caracterizadas por possuírem as maiores concentrações de todos os elementos, exceto Zn e Sr, que em ambos os tecidos foram determinados em concentrações médias similares. Observa-se que a amostra B_CAN6F encontra-se deslocada das demais devido a suas concentrações para todos os elementos determinados serem superiores às das demais amostras do mesmo tipo de tecido, principalmente manganês.

A análise de agrupamento hierárquico (HCA) foi aplicada aos dados autoescalados, com o intuito de se verificar as semelhanças entre as diversas amostras. A similaridade entre elas foi calculada a partir das distâncias Euclidianas para as concentrações dos elementos quantificados nos diferentes tecidos de aratu. Foi usado o método de ligação Ward's entre os interpontos. A Figura 8 mostra o dendograma para os resultados obtidos.

Figura 8 - Dendograma dos dados autoescalados das concentrações de Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sr, V e Zn, para as médias das amostras por tecido, sexo e área analisadas no caranguejo *G. cruentata*; cálculo da distância Euclidiana e método de ligação Ward's.



Fonte: Autora (2016).

A partir da análise do dendrograma representado na Figura 8, é possível observar o agrupamento das amostras em 2 grupos distintos com aproximadamente 10% de similaridade entre as amostras, confirmando os resultados obtidos pela análise de componentes principais, onde pode observar a separação nítida entre as amostras de brânquias e hepatopâncreas.

As brânquias e os hepatopâncreas, exercem funções diferentes no organismo, respiração e detoxificação, respectivamente, portanto podem absorver analitos diferentes e, conseqüentemente, a magnitude em que se apresentam. Somado a isso, têm-se que a concentração difere em função de cada metal, dependendo desse ser essencial ou não à fisiologia do animal (SILVA et al., 2011). A regulação das concentrações de elementos essenciais realizada pelo metabolismo não permite que seus níveis sofram grandes alterações, sendo que os níveis observados em espécies distintas mudam, refletindo as exigências fisiológicas diferenciadas, e não necessariamente os níveis ingeridos. Para elementos que não exercem função biológica, eles não são controlados, sendo acumulados em proporção à sua disponibilidade no meio (RAMOS, 2012).

A correlação de Pearson é usada com o objetivo de verificar o grau de relação entre duas variáveis, dado pelo coeficiente de Pearson. O coeficiente de correlação varia entre os valores -1 e +1, sendo negativa quando uma variável diminui com o aumento da outra e positiva quando uma variável aumenta com o aumento da outra. Para o presente estudo foi empregada para verificar a relação que existe entre os elementos estudados (Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sr, V e Zn), e foi assumido que valores entre 0,5 até 1,0 positivo ou negativo possuem uma correlação muito forte, conforme visto nas Tabela 6 e 7.

Ao analisar a Tabela 6 verificou-se que nas amostras de hepatopâncreas o Al teve uma fraca correlação positiva com todos os elementos, exceto com o As, Ba, Co e Cu, que teve fraca correlação negativa. O Al é um dos principais componentes da crosta terrestre e não sofre aporte antropogênico significativo (CARICCHIO, 2010). Assim, como o Aratu se alimenta também de partículas pequenas, animais e plantas, ele tende a reter contaminantes desses compartimentos. Como o Al teve uma correlação positiva com a maioria dos analitos, de forma geral, eles possuem o mesmo comportamento, origem ou são controlados pelos alumínio-silicatos. O Zn teve uma correlação positiva com todos os elementos, porém apenas com As, Cd, Mn, Pb, Sr e V ele teve uma forte correlação ($p > 0,5$), indicando que esse elemento compartilha de propriedades com os demais elementos. A Tabela 7 mostra a correlação das amostras nas brânquias do *Goniopsis cruentata*. A análise da mesma mostrou que o Al teve uma fraca correlação positiva com a maioria dos elementos, exceto com o Cd, Co, Fe, Mo e Ni em que o $p > 0,5$. Com o Cu, o Al teve uma fraca correlação ($p < 0,5$) negativa indicando que não compartilham propriedades comuns.

Tabela 6 - Matriz de correlação de Pearson com os elementos estudados nos hepatopâncreas com os dados biométricos do *Goniopsis cruentata* coletados nos manguezais dos estuários dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha. Foram consideradas forte correlação valores em que $p > 0,5$

	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Sr	V	Zn	LC	CC	PESO
Al	1																	
As	-0,02569	1																
Ba	-0,02379	0,012954	1															
Cd	0,367867	0,231156	0,448048	1														
Co	-0,08538	0,262216	0,400043	0,336778	1													
Cr	0,182593	0,046495	0,346489	0,062311	0,11838	1												
Cu	-0,05393	0,106636	0,714802	0,368584	0,499007	0,325694	1											
Fe	0,170743	0,017407	0,7522	0,747014	0,24137	0,266665	0,657804	1										
Mn	0,082744	0,267593	0,373328	0,406915	0,352012	-0,0439	0,227806	0,442179	1									
Mo	0,017152	0,768885	-0,09517	-0,00856	0,03143	-0,01783	-0,06264	-0,1266	0,223608	1								
Ni	0,075999	0,42182	0,283689	0,446756	0,575633	0,195799	0,229885	0,176414	0,231741	0,160111	1							
Pb	0,046166	0,358949	0,07561	0,344185	0,284525	0,196279	0,221828	0,225738	0,193954	0,252089	0,332805	1						
Sr	0,087287	0,254164	0,163029	0,256107	0,187537	0,227565	0,353551	0,293929	0,318577	0,230742	0,167287	0,679529	1					
V	0,129248	0,402999	0,046512	0,43109	0,401279	0,259988	0,20998	0,30489	0,412628	0,18304	0,325816	0,662288	0,617832	1				
Zn	0,303217	0,542172	0,088672	0,556426	0,277575	0,002872	0,179528	0,350804	0,641647	0,362518	0,34682	0,553509	0,709529	0,703737	1			
LC	-0,35525	0,139221	0,372802	-0,15703	0,307886	-0,15264	0,263153	-0,01409	0,340197	0,292234	0,184764	0,060978	-0,07931	-0,12743	-0,07073	1		
CC	-0,31859	0,19623	0,2999	-0,15597	0,309605	-0,14455	0,223249	-0,05807	0,363662	0,371205	0,219761	0,153294	-0,01259	-0,06671	0,002316	0,983062	1	
PESO	-0,30389	0,242023	0,368843	0,001988	0,275054	-0,09852	0,167485	0,053284	0,47483	0,326726	0,319996	0,106377	0,106362	-0,03097	0,175528	0,857849	0,84155	1

Fonte: Autora (2016).

Tabela 7 - Matriz de correlação de Pearson com os elementos estudados nas brânquias com os dados biométricos do *Goniopsis cruentata* coletados nos manguezais dos estuários dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha. Foram consideradas forte correlação valores em que o $p > 0,5$

	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Sr	V	Zn	LC	CC	PESO
Al	1																	
As	0,33206	1																
Ba	0,24659	-0,1582	1															
Cd	0,85936	0,44398	0,33929	1														
Co	0,52361	-0,0637	0,52313	0,61522	1													
Cr	0,41392	0,49038	0,61742	0,51648	0,32091	1												
Cu	-0,2784	-0,5602	0,35266	-0,2604	0,09783	-0,1502	1											
Fe	0,89673	0,43767	0,30366	0,9881	0,59848	0,50879	-0,2484	1										
Mn	0,12016	0,19811	0,57316	0,46352	0,67006	0,5092	0,04556	0,40563	1									
Mo	0,9074	0,25721	0,08778	0,75983	0,52635	0,21718	-0,1515	0,80832	0,02729	1								
Ni	0,8714	0,1472	0,36841	0,75257	0,7173	0,38522	0,00367	0,8009	0,21393	0,86905	1							
Pb	0,19313	0,35322	0,41795	0,32022	0,5095	0,58122	-0,0356	0,32073	0,65235	0,18731	0,3485	1						
Sr	0,27395	0,10663	0,06859	0,30855	-0,0473	0,25597	-0,3613	0,29906	-0,0574	0,13267	0,15079	-0,0428	1					
V	0,27009	0,7838	0,16595	0,43334	0,09391	0,70998	-0,3121	0,44824	0,38167	0,18487	0,2253	0,66264	0,13379	1				
Zn	0,26805	0,25036	0,40637	0,42247	0,30845	0,57562	0,04519	0,37731	0,3283	0,19911	0,28741	0,3016	0,3221	0,46784	1			
LC	-0,0968	-0,1816	0,16326	-0,2102	-0,1773	0,2212	0,19279	-0,1701	-0,0979	-0,148	-0,065	0,02713	0,03581	-0,0158	0,05026	1		
CC	-0,0605	-0,1186	0,10337	-0,2049	-0,1745	0,20501	0,14782	-0,1566	-0,1152	-0,1037	-0,0412	0,05457	0,00151	-0,0001	0,0054	0,98306	1	
PESO	-0,0172	-0,1201	0,20062	-0,1477	-0,1944	0,23248	0,22973	-0,1263	-0,0889	-0,1243	-0,0727	-0,0881	0,05376	-0,0538	0,1113	0,85785	0,8416	1

Fonte: Autora (2016).

Analisando as correlações entre os elementos e os tecidos de brânquias e hepatopâncreas, constatou-se que as concentrações dos elementos nas brânquias e nos hepatopâncreas do *G. cruentata* nos três manguezais, de um modo geral, não se correlacionam fortemente com os dados biométricos de largura e comprimento da carapaça, e o peso. Assim, esse resultado vem afirmar a ausência de diferença nas concentrações de elementos traço nos ambientes estudados. Esses dados contrastam com o resultado encontrado por Ramos (2012), que verificou um incremento nas concentrações de zinco, cobre e cádmio a medida que aumentou a largura da carapaça no tecido muscular ao estudar *Callinectes exasperatus*. Virga e Geraldo (2008) ao estudarem siris azuis do gênero *Callinectes* certificaram-se que quanto menor o tamanho do caranguejo, maior é a concentração de elementos traço.

6 CONCLUSÕES

Por meio dos resultados obtidos foi possível concluir que:

- Nos três manguezais onde foram coletados o *Goniopsis cruentata* a concentração média de Al, seguida da de Fe foram maiores nas brânquias, enquanto que no hepatopâncreas as maiores concentrações se deram de forma inversa, sendo a de Fe maior do que a de Al.
- Verificou-se que houve diferença nas concentrações dos elementos entre os dois tecidos estudados e que a maior concentração média dos elementos traço analisados foi nas brânquias, com exceção do Sr que apresentou maior nos hepatopâncreas.
- De acordo com os resultados obtidos, não foram observadas diferenças significativas nas concentrações de elementos traço em relação ao sexo, nos três manguezais estudados.
- Os elementos Cu, Zn e Cr foram encontrados em concentrações acima do permitido pela legislação. Para os elementos Al, As, Ba, Co, Fe, Mn, Mo, Sr e V não foi possível verificar se estavam elevados, visto que não existem parâmetros comparativos previstos na legislação.
- Foram encontradas concentrações elevadas do Cu nos dois tecidos estudados, principalmente no tecido branquial, porém a maior concentração encontrada foi no hepatopâncreas. A concentração encontrada nas brânquias foi seis vezes mais do que o permitido, pelo que estabelece a ANVISA e no hepatopâncreas quatro vezes.
- As concentrações elevadas de alguns elementos, sobretudo do Cu, podem oferecer riscos para os consumidores do Aratu tanto na região de estudo como para aqueles que consomem esse organismo como, consequência do comércio realizado para outras regiões.

O *G. cruentata* representa uma das principais fontes de renda e consumo para a população ribeirinha. Com algumas concentrações dos elementos traço acima do permitido pela legislação, fica claro a necessidade de um estudo para avaliar os possíveis riscos que o consumo desse organismo pode causar para a população.

7 REFERÊNCIAS

AGORAMOORTHY, G.; CHEN, FU-NA.; HSU, M. J. Threat of heavy metal pollution in halophytic and mangrove plants of Tamil Nadu, India. **Environmental Pollution**. v. 155. p. 320-326, 2008.

AGUIAR, P. C. B.; MOREAU, A. M. S. S.; FONTES, E. O. Impactos na dinâmica ambiental do município de Canavieiras (BA) tendo a Resex como fator de influência. **Revista Geomae. Brasil**, v. 2, n.1, p. 61-78, 2011.

ALVES, R. R. N.; NISHIDA, A. K. A ecdise do caranguejo-uçá, *Ucides Cordatus L.* (decapoda, brachyura) na visão dos caranguejeiros. **INCI**. Caracas Mar, v. 27 n. 3, 2002.

ANDRADE, H. O. **Estudo agroclimatológico do feijão *Phaseolus vulgaris*, aplicado a bacia hidrográfica do rio Uma-Ba**: uma abordagem da climatologia geográfica. 120f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

ANP, Agência Nacional do Petróleo. 2002. **Brasil Round 4**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/brasil-rounds/round4/>. Acesso em: fevereiro de 2016

AZEVEDO, F.A.; CHASIN, A. A. M. **Metais: gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Ed. Atheneu, p. 554, 2003.

BAIRD, C. **Química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BALSAN, R. Decurrent impacts of the agriculture Modernization in Brazil. Campo-território: **Revista de geografia agrária**. v. 1, n. 2, p. 123-151, 2006.

BENCHIMOL, M. B. B. **Determinação de metais poluentes em diferentes níveis tróficos de peixes coletados nas bacias dos rios Araguaia e Tocantins no estado de Goiás**. 82f. Dissertação (Ecologia e Produção Sustentável). Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiás, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Modifica o Decreto nº 50.040, de 24 de janeiro de 1961, referente a normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos, alterado pelo Decreto nº 691, de 13 de março de 1962 (Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965). Diário Oficial da República Federativa do Brasil.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Portaria nº 685, de 27 de agosto de 1998. Aprova o Regulamento Técnico e princípios gerais para o estabelecimento de níveis máximos de contaminantes químicos em alimentos. Diário Oficial [da] União. Brasília, DF, Seção 1, 24 set. 1998.

CARDOZO, L. S.; PORTO, M. F.; PIMENTEL, P. C. B. Discussões do Conselho Deliberativo da Reserva Extrativista de Canavieiras, Bahia, Brasil: da gestão pesqueira à ambiental. **Revista da Gestão Costeira Integrada**. v. 12, n. 4, p. 463-475, 2012.

CARLA R.G. REIS, FABIANO G. TADDEI and VALTER J. COBO Growth and reproduction of the mangrove crab *Goniopsis cruentata* (Latreille, 1803) (Crustacea: Decapoda: Grapsidae) in southeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciência**. v. 87, n. 2, p. 699-711, 2015.

CARVALHO, F. M.; NETO, A. M. S.; TAVARES, T. M.; COSTA, A.C.A.; CHAVES, C.D. R.; NASCIMENTO, L. D.; REIS, M. A. Chumbo no sangue de crianças e passivo ambiental de uma fundição de chumbo no Brasil. **Pan Am J Public Health**, v. 13, n. 1, 2003.

CELINO, J.J., HADLICH, G.M., QUEIROZ, A.F. DE S., OLIVEIRA, O.M.C. de Avaliação de ambientes costeiros da região sul da Bahia. Geoquímica, petróleo e sociedade. Salvador. **EDUFBA**. p. 133-139, 2014.

CESAR, A. **Análisis ecotoxicológico integrado de la contaminación marina em los sedimentos de la costa de Murcia**: el caso de Portman, sudeste – Espana. 2003. 116 f. Tese (Doutorado em Ciencias Biologicas) – Universidad de Murcia, Espanha, 2003.

CHAGAS, G. C. **Avaliação do potencial bioindicador de *Trichodactylus fluviatilis* (Latreille, 1828) (crustacea: decapoda: trichodactylidae) na bacia do rio Corumbataí (S/P)**. 69f. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2008.

COBO, V.J.; FRANSOZO, A. External factors determining breeding season in the red mangrove crab *Goniopsis cruentata* (Latreille) (Crustacea, Brachyura, Grapsidae) on the São Paulo state Northern Coast, Brazil. **Revista Brasileira de zoologia**. v. 20, n. 2, p. 213-217, 2003.

COBO, V.J.; FRANZOZO, A. Physiological maturity and relationships of growth and reproduction in the red mangrove crab *Goniopsis cruentata* (Latreille) (Brachyura, Grapsidae) on the coast of São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de zoologia**. v. 22, n. 1, p. 219-223, 2005.

CUNHA-LIGNON, M.; MENGHINI, R. P.; SANTOS, L. C. M.; NIEMEYER-DINÓLA, C.; SCHAEFFER-NOVELLI, YARA. Case Studies in the Mangrove Forests of the State of São Paulo (Brazil): Application of Tools Using Different Spatial and Temporal Scales. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**. v. 9, n. 1, p. 79-91, 2009.

DEFEW, L. H.; MAIR, J. M.; GUZMAN, N. M. An assessment of metal contamination in mangrove sediments and leaves from Punta Mala Bay, Pacific Panama. **Marine Pollution Bulletin**. v. 50. p. 547–552, 2005.

DIAS, N. J. **Proposta de plano nacional de gestão para o uso sustentável do caranguejo-uçá, do guaiamum e do siri-azul**. Brasília: IBAMA, p. 156, 2011.

DÍAZ-PAVÓN, J.J.; PACIOS, I.; MAESTRE, M.; GONZÁLEZ, A. R.; ESPINOSA, R.; GARCÍA-GÓMEZ, J.C.; Trace metals in Caprella (Crustacea: Amphipoda). A new tool for monitoring pollution in coastal areas? **Ecological Indicators**. [S.l.]: v.10, p. 734–743, 2010.

DÓREA, M. C.; NOVAIS, J. S.; SANTOS, F. A. R. Botanical profile of bee pollen from the southern coastal region of Bahia, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**. São Paulo v.24 n. 3, 2010.

DUKE, N. C.; MEYNECKE, J-O.; DITTMANN, S.; ELLISON, A. M.; ANGER, K.; BERGER, U.; CANNICCI, S.; DIELE, K.; EWEL, K.C.; FIELD, C. D.; KOEDAM, N.; LEE, S. Y.; ARCHAND, C.; NORDHAUS, I.; DAHDUOH-GUEBAS, F. A World Without Mangroves? **Science**. v. 317, 2007.

DUTRA, V.S.; SANTOS, M.S.; FILHO, Z.A.S.; ARAUJO, E.L.; SILVA, J.G. Faunistic Analysis of *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) on a Guava Orchard under Organic Management in the Municipality of Una, Bahia, Brazil **Neotropical Entomology** v.38,n.1,p.133-138, 2009.

ESCOBAR, N. F.C. **Geoquímica da água superficial e do sedimento de fundo nos baixos cursos dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha, sul da Bahia, Brasil**. 124 f. Dissertação (Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

ESPINHEIRA, C. C. **Baía de Camamu: uma provável área de referência?** 59 f. Monografia (Graduação em Oceanografia)- Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

FARIAS, L. G. Q. O desafio da sustentabilidade nas áreas costeiras do sul da Bahia. **Revista Urutáua**. Maringá. n.12, p. 10, 2007.

GUERRA-GARCÍA , J. M.; RUIZ-TABARES,A.; BAEZA-ROJANO,E.; CABEZAS,M. P.; DÍAZ-PAVÓN, J.J.; PACIOS,I.; MAESTRE, M.; GONZÁLEZ, A. R.; ESPINOSA, R.; GARCÍA-GÓMEZ, J.C.; Trace metals in Caprella (Crustacea: Amphipoda). A new tool for monitoring pollution in coastal areas?. **Ecological Indicators**. [S.I.]: v.10, p. 734–743, 2010.

GILMARA F. E.; CARLOS V. S.; FILHO, M.; HATJE, V. Corais como organismos biomonitorios: aplicação, pré-tratamento e determinação de elementos majoritários e minoritários. **Quimica Nova**. São Paulo, v. 35, n. 3, p. 581-592, 2012.

GONÇALVES, G.B.; MENEZES, M. S. A comparative analysis of biotic indices that use macroinvertebrates to assess water quality in a coastal river of Paraná state, southern Brazil. **Biota Neotrop**. v. 11, n. 4, 2011.

GOULART, M.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**. n 1, 2003.

HARBINSON, P. Mangrove muds-a sink and a source for trace metals. **Marine Pollution Bulletin**, 17 (6), p. 246-250, Great Britain, 1986.

HARRIS, R.R.; SANTOS, M. C. F. Heavy metal contamination and physiological variability in the Brazilian mangrove crabs *Ucides cordatus* and *Callinectes danae* (crustácea: Decopado). **Marine biology**. v. 137, p. 691-703, jun-ago, 2000.

HIGESA Engenharia. Plano Diretor de Recursos Hídricos- Bacias do Leste. **Diagnóstico Regional, Caracterização do Meio Físico**. Secretaria de Recursos Hídricos Saneamento e Habitação (SRHSH), Superintendência de Recursos Hídricos (SRH). Volume I – Tomo IV. p. 205, 1996.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Diagnóstico ambiental da bacia do Rio Jequitinhonha: diretrizes gerais para a ordenação territorial**. Salvador: 1997. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: fevereiro de 2016.

KEHRIG, H. A.; MALM, O.; PALERMO, E. F. A.; SEIXAS, T. G.; BAETA, A. P.; MOREIRA, I. Bioconcentração e biomagnificação de metilmercúrio na baía de Guanabara. **Química Nova**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 3, p. 377-384, 2011.

LACERDA, L. D., ABRÃO, J. J. Heavy metal accumulation by mangrove and saltmarsh intertidal sediments. **Revista Brasil Botânica**, v.7, p.49-52, 1984.

LACERDA, L. D. **Biogeoquímica de Metais Pesados em Ecossistemas de Manguezal**. Tese (Concurso para Professor Titular) – Universidade Federal Fluminense, Niterói – RJ, 68p, 1994.

LACERDA, L.D. Manguezais, ecossistemas-chave sob ameaça. Produtos e serviços de grande valor ambiental, econômico e social dependem da preservação das áreas de mangue do planeta. **Scientific American**. Brasil, p. 76 – 82, 2009.

LACERDA, L. D. & REZENDE, C. E. Heavy metal geochemistry in mangrove sediments. In: Simpósio sobre ecossistemas da costa sul-sudeste do Brasil, I, São Paulo: **Papers**, v.3, p.123–131, 1987.

LIMA, E.S. **Avaliação do potencial para formação de Pláceres Diamantíferos na região do delta do rio Jequitinhonha e plataforma continental adjacente no sul da Bahia**. 124f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade federal da Bahia, Salvador, 2011.

LIRA, J. J. P. R.; CALADO, T. C. S.; ARAÚJO, M. S. L. C. Condition factor of *Goniopsis cruentata* (Crustacea, Brachyura, Grapsidae) from Mundaú/Manguaba estuarine complex, Alagoas, Brazil. **Iheringia, Série Zoologia**. Porto Alegre, v. 102, n. 3, p. 285-291, 2012.

LOUREIRO, D.; FERNANDES, M.; HERMS, F.; ARAÚJO, C.; LACERDA, L. Distribuição dos metais pesados em sedimentos da lagoa Rodrigo de Freitas. **Oecologia Australis. Rio de Janeiro**, v. 16, n. 3, p. 353-364, 2012.

MARFARLANE, G. R.; BOOTH, D. J.; BROWN, K. R. The semaphore crab, *Heloecius cordiformis*: bio-indication potential for heavy metals in estuarine systems. **Aquatic Toxicology**, Amsterdam, v. 50, p. 153-166, 2000.

MACFARLANE, G. T.; STEED, H.; MACFARLANE, S. Bacterial metabolism and health-related effects of galacto-oligosaccharides and other prebiotics. **Journal of Applied Physics. Microbiol**, v.104, n.2, p. 305–344, 2007.

MACIEL, D. C.; ALVES, A. G. C. Local knowledge and practices related to *Goniopsis cruentata* (Latreille, 1803) in a coastal village in the State of Pernambuco, Northeast Brazil. **BiotaNeotropica**. Pernambuco, v. 9, n. 4, p. 29-36, 2009.

MAMEDE, T. C. A. **Biomonitoramento por *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1928) e percepção de risco socioambiental na Baía de Todos os Santos, Bahia**. 120 p. Dissertação (Mestrado em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

MELO, G. Manual de Identificação dos Brackya (caranguejos e siris) do litoral Brasileiro. São Paulo: Plêiade/Fapesp, p. 604, 1996.

MENEZES, A. P. D.; ARAÚJO, M. S. L. C.; CALADO, T. C. S. Bioecologia de *Goniopsis cruentata* (Latreille, 1803) (Decapoda, Grapsidae) do complexo estuarino-lagunar Mundaú/Manguaba, Alagoas, Brasil. **Natural Resources**. Aquidabã, v. 2, n. 2, p. 37-49, 2012.

MENEZES, M. L. G. **Estudos sócio-geoambientais em manguezal do Sul do estado da Bahia: utilização do crustáceo *Goniopsis cruentata* (latreille, 1803) como bioindicador de contaminação por metais**. 106 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

MENEZES, M. L. G. G.; PROST, C.; ANUNCIAÇÃO, D. S.; MORAES, S. S.; JESUS, T. B.; *Goniopsis Cruentata* (Latreille, 1803) como bioindicador passivo nos manguezais dos rios Una, pardo e Jequitinhonha. In CELINO, J.J.; HADLICH,G.M.; QUEIROZ, A.F. DE S.; OLIVEIRA, O.M.C. (org). **Avaliação de ambientes costeiros da região sul da Bahia. Geoquímica, petróleo e sociedade**. Salvador. EDUFBA. P 133-139. 2014.

MERFA, T. C. **Determinação de metais pesados no caranguejo comestível *Ucidescordatus* (crustacea: decapoda)**. 41 f. Monografia (Graduação em ecologia). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2010.

MITHTHAPALA, S. Ecosystems and Livelihoods Group Asia, IUCN. **Mangroves. Coastal Ecosystems Series**. Colombo, Sri Lanka, v. 2, p. 1-28, 2008.

NETO, P. A. V. **Possíveis causas da mortalidade do carangueijo-úça *Ucides cordatus* (LINHARES, 1763) no estuário do Rio Jaguaribe – Ceará**: 78f. Dissertação (Mestrado em Ciências marinhas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

ONOFRE, C. R. E.; CELINO, J. J.; NANO, R. M. W.; QUEIROZ, A.F.S. Biodisponibilidade de metais traços nos sedimentos de manguezais da porção norte da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. **Revista de biologia e ciências da terra**, v.7, n.2, p. 65-82, (2007).

OSHIRO, L. M. Y.; SILVA, R.; SILVA, Z. S. Composição da fauna de Braquiúros (Crustácea Decápoda) dos manguezais da Baía de Sepetiba-Rj. **Nauplius**. Rio Grande, v. 6, p. 31-40, 1998.

PINHEIRO, M. A. A.; DUARTE, L. F. A.; TOLEDO, T. R.; ADAM, M. L.; TORRES, R. A. Habitat monitoring and genotoxicity in *Ucides cordatus* (Crustacea: Ucididae), as tools to manage a mangrove reserve in southeastern Brazil. **Environ Monit Assess**, v. 185, p. 8273–8285, 2013.

PORPINO, K. K. P. **Biossorção de ferro (ii) por casca de caranguejo *Ucides cordatus***. 93 f. Dissertação (Mestrado em Química) - UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, João Pessoa, 2009.

QUEIROS GALVÃO/ECOLOGUS/ECOLOGY DO BRASIL. Estudo de Impacto Ambiental – EIA da Atividade de Perfuração Marítima no Bloco BM-J-2, 2006.

RAMOS, M. A. V. **Avaliação preliminar dos teores de metais traço em peixes e crustáceos provenientes da porção norte da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil**. 87 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistemas, ênfase em Manejo e Qualidade de Ecossistemas) - Universidade do Estado da Bahia, Cruz das Almas, 2012.

ROVAI, A. S.; MENGHINI, R. P.; NOVELLI-SCHAEFER, Y.; MOLERO, G. C.; JUNIOR, C. C. Protecting Brazil's Coastal Wetlands. **Science**. v. 335, 2012.

REISC. R. G.; TADDEI, F. G.; COBO, V.J. Growth and reproduction of the mangrove crab *Goniopsis cruentata* (Latreille, 1803) (Crustacea: Decapoda: Grapsidae) in southeastern Brazil. **An Acad Bras Cienc**. 2015.

SANTOS, M.C.F.; BOTELHO, E.R.O.; IVO, C.T.C. Biologia populacional e manejo da pesca de aratu, *Goniopsis cruentata* (Latreille, 1803) (Crustacea: Decapoda: Grapsidae) no litoral sul de Pernambuco – Brasil. **Bol. Téc. Cient. CEPENE**, Tamandaré, v. 9, n. 1, p.87-123, 2001.

SANTOS, M. C. F.; BOTELHO, E. R. O.; CORRÊA, F. M.; ALMEIDA, L.; SILVA, C. G. M. Aspectos populacionais do Aratu *Goniopsis cruentata* (Latreille, 1803) (Decapoda, Grapsidae) no manguezal de Caravelas (Bahia – Brasil). **Bol. Téc. Cient. CEPENE**, Tamandaré – PE, - v. 19, n. 1, p. 27-36, 2013.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal, marisma e apicum (Diagnóstico Preliminar)**. In: Fundação BIO-RIO; MMA - Ministério do Meio Ambiente. Avaliações e ações prioritárias para conservação da biodiversidade das Zonas Costeira e Marinha. Brasília: MMA/SBF. 2002.

SCHMITD, E. J.; OLIVEIRA, M. A. **Plano de ação para o caranguejo-uçá em Canavieiras**. Projeto ALMA – Ambientes Litorâneos da Mata Atlântica. Instituto de Conservação de Ambientes Litorâneos da Mata Atlântica – Ecotuba. 96 p. 2006.

PERH-BA. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Bahia. Relatório Final da Etapa 1 – **Diagnóstico e Regionalização**. Governo do Estado da Bahia. Secretaria de Infra-Estrutura (SEINFRA). Salvador/BA: 2003.

SILVA, H. K. P. **Especiação de Metais**: Uma ferramenta para educação ambiental. Monografia de graduação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2001.

SILVA, P. P. G. **Contaminação por metais (Cd, Cu, Pb, Cr, Mn e Hg) e avaliação do impacto genotóxico em *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Brachyura, Ucididae), em dois manguezais do estado de São Paulo**. 79 f. Monografia (Graduação em ciências biológicas)- Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São Vicente – SP, 2011.

SILVA, I. R. Subsídios para a Gestão Ambiental das Praias da Costa do Descobrimento, Litoral Sul do Estado da Bahia, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**. São Paulo, v. 8, n. 2, p. 47-60, 2008.

SILVA, M. A. B.; BERNINI, E.; CAMPO, T. M. S. Características estruturais de bosques de mangue do estuário do rio São Mateus, ES, Brasil. **Acta bot. bras.** Espírito Santo, v. 19, n. 3, p. 465-471, 2005.

SILVA, P. P. G.; PINHEIRO, M. A. A.; DUARTE, L. F. A.; ZANOTTO, F. P.; ALMEIDA, A. A. Acumulação de metais no caranguejo-uçá, *ucides cordatus* (linnaeus, 1763) (brachyura, ucididae), em cubatão (sp). **Associação Latino-Americana de Investigadores em Ciências do Mar – ALICMAR, XIV Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar – XIV COLACMAR Balneário Camboriú (SC / Brasil)**, 2011.

SILVA, Z. S. **Estratégia reprodutiva do caranguejo Goniopsis Cruentata (Latreille, 1803) (crustacea, brachyura, grapsidae) no manguezal de Itacuruçá, baía de Sepetiba, RJ, Brasil**. 144 f. Tese (Doutorado em Biologia Animal). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

SUHOGUSOFF, V. G.; PILIACKAS, J.M. Breve histórico da ação antrópica sobre os ecossistemas da ação antrópica sobre os ecossistemas costeiros do Brasil com ênfase nos manguezais do estado de São Paulo. **Integração**. n. 51. p. 343-351, 2007.

TAM, N.F.Y; YAO, M.W.Y. Normalitization and heavy metal contamination in mangrove sediments. **Science Total Environ.**[S.I.]: v. 216, p. 33-39, 1998.

THAWLEY, S.; MORRIS, S.; VOSLOO, A. Zn and Cd accumulation in Potamonautes warreni from sites in the North–West Province of South Africa. **International Congress Series**. v. 1275, p. 180–188, 2004.

TORRES, R. F. **Disponibilidade dos metais cobre e chumbo em um canal de maré receptor de efluentes de carcinicultura**. 134 f. Dissertação (Mestrado em ciências marinhas tropicais)-Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

VASCONCELOS, A. O.; CELINO, J. J. Geologia, geomorfologia e evolução dos ambientes costeiros nos municípios de Una, Canavieiras e Belmonte. In CELINO, J. J., HADLICH, G. M.,

QUEIROZ, A. F. S., OLIVEIRA, O. M. C. (org). **Avaliação de ambientes costeiros da região sul da Bahia**. Geoquímica, petróleo e sociedade. Salvador. EDUFBA. p. 17-39, 2014.

VASCOLCELOS, A. O. Sensibilidade ambiental de derrame de óleo para os ecossistemas costeiros no sul do estado da Bahia. In CELINO, J.J., HADLICH, G.M., QUEIROZ, A.F. DE S., OLIVEIRA, O.M.C. DE (org). **Avaliação de ambientes costeiros da região sul da Bahia. Geoquímica, petróleo e sociedade**. Salvador. EDUFBA. p 179-196, 2014.

VIRGA, R. H. P. **Análise quantitativa de metais pesados (Cd, Cr, Cu, Pb e Zn) em Siris-Azuis do gênero Callinectes sp (Crustácea, Portunidae) provenientes do rio Cubatão, Cubatão, São Paulo, Brasil**. 105 f. Dissertação (mestrado em Saúde coletiva)- Universidade Católica de Santos. Santos, 2006.

VIRGA, R. H. P.; GERALDO, L. P. Investigação dos teores de metais pesados em espécies de siris azuis do gênero *Callinectes* sp. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 28, n. 4, p. 943-948, out.-dez. 2008.

VIRGA, R. H. P.; GERALDO, L. P.; SANTOS, F. H. Avaliação de contaminação por metais pesados em amostras de siris azuis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 27, n. 4, p. 774-785. 2007

ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia Aquática: princípios e aplicações**. São Carlos: Rima, 2006.

8 APÊNDICES

APÊNDICE A - Largura da carapaça (LC), comprimento da carapaça (CC) e peso úmido (PU), com respectivas médias e desvio padrão, para machos e fêmeas de *Goniopsis cruentata* coletados nos manguezais dos estuários dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha. LC e CC estão em (mm) e o PU em (g).

		MACHOS				MACHOS				MACHOS				
		LC	CC	PESO		LC	CC	PESO		LC	CC	PESO		
Rio Una	P1-M	43,52	37,35	40,13	Rio Jequitinhonha	P1-M	45,08	38,83	42,15	Rio Pardo	P1-M	39,73	32,67	30,96
	P2-M	46,58	39,91	48,87		P2-M	41,61	35,21	30,17		P2-M	40,37	33,76	25,99
	P3-M	39,77	33,49	26,95		P3-M	40,21	33,69	30,80		P3-M	41,81	35,06	33,77
	P4-M	43,79	32,83	41,20		P4-M	37,86	31,45	23,59		P4-M	40,09	33,09	28,29
	P5-M	40,08	34,55	30,66		P5-M	41,71	34,45	31,35		P5-M	47,53	39,42	49,74
	P6-M	41,20	34,93	29,56		P6-M	40,62	33,33	29,77		P6-M	46,44	38,44	43,85
	Média	42,49	35,51	36,23		Média	41,18	34,50	31,30		Média	42,66	35,41	35,43
Desvio Padrão	2,62	2,66	8,50	Desvio Padrão	2,36	2,47	6,02	Desvio Padrão	3,44	2,86	9,37			
		FÊMEAS				FÊMEAS				FÊMEAS				
		LC	CC	PESO		LC	CC	PESO		LC	CC	PESO		
Rio Una	P1-F	36,38	30,50	21,37	Rio Jequitinhonha	P1-F	39,98	32,76	21,76	Rio Pardo	P1-F	37,20	30,21	21,89
	P2-F	39,78	33,58	25,05		P2-F	40,40	33,86	25,32		P2-F	43,60	36,62	31,05
	P3-F	41,95	34,84	29,67		P3-F	39,61	32,47	24,29		P3-F	41,42	34,34	29,18
	P4-F	39,39	32,35	35,87		P4-F	38,55	31,41	22,96		P4-F	41,92	34,13	28,81
	P5-F	41,09	34,51	24,26		P5-F	38,00	30,60	21,10		P5-F	42,91	34,94	31,25
	P6-F	34,91	28,53	16,13		P6-F	39,98	32,76	21,76		P6-F	37,20	30,21	21,89
	Média	38,92	32,39	25,39		Média	39,42	32,31	22,87		Média	40,71	33,41	27,34
Desvio Padrão	2,73	2,46	6,80	Desvio Padrão	0,94	1,15	1,65	Desvio Padrão	2,82	2,62	4,33			
Média (M+F)		40,70	33,95	30,81	Média (M+F)		40,30	33,40	27,09	Média (M+F)		41,68	34,41	31,39
Desvio Padrão (M+F)		3,16	2,94	9,27	Desvio Padrão (M+F)		1,94	2,16	6,09	Desvio Padrão (M+F)		3,17	2,82	8,14

Fonte: Autora (2016).

APÊNDICE B - Concentrações dos analitos determinados, em mg Kg⁻¹, (exceto para Fe e Al, expressos em %), em todas as amostras de brânquias do *G. cruentata* nos Manguezais em Belmonte (rio Jequitinhonha), Canavieiras (rio Pardo) e Una (rio Una)

BRÂNCUIAS	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Sr	V	Zn
BEL1M*	0,47	3,25	9,65	0,28	1,20	4,01	198,9	0,32	18,6	0,90	2,34	2,99	74,8	10,8	39,3
BEL2M	0,44	5,13	11,2	0,28	1,69	3,81	175,4	0,27	60,5	0,62	2,36	5,38	70,6	10,0	37,5
BEL3M	0,42	5,36	13,2	0,38	1,89	3,74	216,7	0,34	103,5	0,71	2,49	3,38	75,1	11,7	49,8
BEL4M	0,33	4,40	9,05	0,26	1,00	3,01	232,5	0,23	26,2	0,62	1,99	2,63	65,7	6,7	37,9
BEL5M	0,28	4,85	8,05	0,30	1,49	2,74	207,4	0,31	86,9	0,71	2,32	3,62	70,3	10,2	36,1
BEL6M	0,25	3,39	6,27	0,31	0,58	2,47	224,6	0,29	16,5	0,72	1,16	2,02	75,8	6,7	42,9
BEL1F*	0,46	5,28	9,37	0,38	1,49	4,25	167,1	0,38	50,7	0,93	2,59	4,83	68,1	17,0	44,4
BEL2F	0,36	5,05	6,99	0,29	2,41	3,98	194,8	0,32	114,9	1,07	2,39	4,13	69,3	13,1	43,1
BEL3F	0,36	3,27	8,78	0,41	1,87	3,69	175,8	0,40	30,7	0,96	2,76	4,35	101,6	15,2	43,8
BEL4F	0,32	6,47	7,58	0,28	1,33	2,74	229,4	0,28	37,0	0,80	2,48	2,30	64,04	9,06	40,74
BEL5F	0,38	2,69	9,92	0,35	1,95	3,53	173,1	0,34	89,0	0,81	2,55	3,42	69,54	9,91	39,23
BEL6F	0,39	4,65	9,65	0,43	0,96	3,38	206,8	0,41	19,4	0,99	1,90	2,86	75,4	12,2	43,7
CAN1M*	0,51	12,5	9,62	0,50	1,09	5,31	205,6	0,51	39,7	0,71	2,67	3,59	85,4	23,7	50,7
CAN2M	0,35	9,77	6,13	0,37	0,66	3,79	182,4	0,43	45,8	0,42	2,15	3,01	84,3	18,4	38,1
CAN3M	0,53	8,17	10,5	0,41	0,99	5,44	182,5	0,42	28,1	1,01	2,53	3,20	85,5	11,8	38,8
CAN4M	0,45	7,28	12,2	0,45	1,28	4,52	172,7	0,45	82,0	0,63	2,28	2,80	117,9	12,5	41,2
CAN5M	0,41	3,52	9,47	0,41	1,37	4,68	232,7	0,39	29,9	0,76	2,44	2,47	83,0	10,7	47,2
CAN6M	0,46	6,29	13,5	0,54	1,59	5,22	231,3	0,51	129,6	0,77	2,71	3,21	82,0	12,3	45,5
CAN1F*	0,51	10,5	9,98	0,48	1,11	5,29	182,2	0,47	26,6	1,16	2,73	4,02	120,9	22,2	51,3
CAN2F	0,36	9,84	7,05	0,40	0,72	3,51	166,4	0,42	39,6	0,57	1,85	3,26	77,3	20,8	40,8
CAN3F	0,56	15,3	11,8	0,60	1,31	5,80	199,5	0,59	58,1	1,49	2,63	4,83	79,6	28,1	45,0
CAN4F	0,40	5,90	10,2	0,48	1,07	4,48	147,9	0,42	49,5	0,55	2,12	2,43	115,6	13,2	44,3
CAN5F	0,42	6,24	11,7	0,42	1,51	4,48	192,1	0,39	47,3	0,59	2,31	2,72	75,8	12,6	40,9
CAN6F	0,57	11,3	17,42	1,01	3,52	6,89	199,9	0,88	397,9	0,92	3,09	7,04	77,8	25,3	50,9
UNA1M*	1,39	13,5	7,59	1,31	2,91	3,95	129,3	1,27	43,3	4,08	5,56	2,77	104,6	13,8	43,5
UNA2M	0,35	13,9	5,78	0,41	1,31	4,04	189,6	0,38	48,7	0,96	2,38	4,57	71,2	17,4	42,5
UNA3M	0,55	12,7	9,10	0,50	1,08	5,57	121,1	0,48	62,4	0,64	2,19	3,58	120,8	18,2	43,7
UNA4M	0,43	15,2	7,79	0,43	0,76	4,33	167,4	0,41	75,5	0,44	1,64	3,88	69,0	23,4	39,8
UNA5M	0,33	15,7	5,87	0,51	1,14	4,03	147,0	0,48	130,5	0,55	1,83	5,34	115,1	22,3	42,5
UNA6M	0,20	3,02	5,98	0,30	0,99	2,36	191,5	0,27	20,1	<LQM	1,27	1,19	83,7	5,21	37,8
UNA1F*	0,45	21,2	7,97	0,51	1,04	5,03	126,8	0,48	101,1	1,21	2,12	4,15	55,5	24,0	41,7
UNA2F	0,41	16,7	6,76	0,44	1,42	4,30	148,0	0,40	38,2	0,81	2,52	3,50	78,2	19,0	46,1
UNA3F	0,42	13,4	6,82	0,44	0,81	4,54	113,1	0,42	37,1	0,60	1,59	2,08	80,5	16,3	44,0
UNA4F	0,28	9,06	5,54	0,30	0,58	2,98	128,3	0,23	30,3	<LQM	0,77	1,57	105,4	8,62	44,0
UNA5F	0,32	8,67	5,17	0,33	1,17	3,56	150,9	0,31	64,3	0,47	1,65	3,12	58,6	13,7	40,3
UNA6F	0,28	5,35	7,84	0,36	1,21	2,77	188,1	0,32	27,5	<LQM	1,54	1,16	72,7	7,39	39,0

* Amostras realizadas em triplicatas

Fonte: Autora (2016).

APÊNDICE C - Concentrações médias das triplicatas (n=3) dos analitos determinados, em mg Kg⁻¹ (exceto para Fe e Al, em %), em todas as amostras de Hepatopâncreas do *G. cruentata* nos Manguezais em Belmonte (rio Jequitinhonha), Canavieiras (rio Pardo) e Una (rio Una)

HEPATOPÂNCREAS	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Sr	V	Zn
Una1F	0,01	9,79	1,95	<LQM	<LQM	1,62	109,1	0,02	29,5	1,85	0,50	0,97	166,1	0,38	92,2
Una2F	0,01	3,32	1,19	<LQM	0,44	4,63	81,1	0,02	14,7	<LQM	0,45	0,90	96,6	0,27	45,7
Una3F	0,01	<LQM	1,57	<LQM	<LQM	0,79	54,3	0,02	19,0	<LQM	<LQM	0,61	138,7	0,28	48,6
Una4F	0,01	2,20	1,50	<LQM	<LQM	0,84	66,7	0,02	16,9	<LQM	<LQM	<LQM	130,6	0,35	70,7
Una5F	0,01	<LQM	1,26	<LQM	<LQM	0,64	73,3	0,02	20,6	<LQM	<LQM	<LQM	105,9	0,39	44,8
Una6F	0,01	1,32	3,53	<LQM	<LQM	1,45	113,4	0,04	12,8	<LQM	<LQM	0,36	107,6	0,17	39,8
Una1M	0,01	3,49	1,34	<LQM	0,48	1,85	222,5	0,03	7,07	<LQM	0,30	0,41	120,0	0,40	51,6
Una2M	0,01	3,18	3,42	<LQM	<LQM	8,45	155,1	0,04	12,4	<LQM	<LQM	0,91	143,0	0,40	53,2
Una3M	0,02	0,82	1,69	<LQM	<LQM	1,77	80,5	0,03	8,50	<LQM	<LQM	0,71	148,9	0,29	52,7
Una4M	0,01	1,46	0,86	<LQM	<LQM	1,69	69,1	0,02	5,99	<LQM	<LQM	0,45	113,0	0,31	41,6
Una5M	0,01	0,76	1,31	<LQM	<LQM	<LQM	46,8	0,01	3,18	<LQM	<LQM	<LQM	112,3	0,18	24,8
Una6M	0,01	1,45	4,53	<LQM	0,77	0,92	177,0	0,08	10,1	<LQM	0,42	0,58	113,7	0,30	47,5
Bel1F	0,01	0,49	2,22	<LQM	<LQM	4,64	99,4	0,03	17,0	<LQM	<LQM	0,69	145,4	0,40	56,9
Bel2F	0,01	0,74	3,06	<LQM	0,97	3,72	140,2	0,03	27,3	<LQM	<LQM	0,71	137,1	0,33	50,3
Bel3F	0,01	<LQM	4,96	<LQM	0,63	9,74	149,0	0,04	17,4	<LQM	1,18	0,49	134,4	0,32	43,4
Bel4F	0,01	5,02	5,88	<LQM	0,92	2,82	203,5	0,07	30,5	<LQM	0,93	0,55	125,6	0,38	71,1
Bel5F	0,01	1,84	5,79	<LQM	0,64	2,44	167,7	0,05	11,2	<LQM	0,61	0,78	133,0	0,29	47,6
Bel6F	0,01	<LQM	7,57	<LQM	<LQM	1,69	243,4	0,12	59,1	<LQM	<LQM	0,46	150,8	0,32	73,1
Bel1M	0,01	<LQM	2,09	<LQM	<LQM	5,00	183,6	0,05	5,14	<LQM	<LQM	0,46	139,6	0,21	43,4
Bel2M	0,01	<LQM	3,03	<LQM	0,92	1,61	156,3	0,02	8,47	<LQM	<LQM	0,44	143,5	0,27	44,8
Bel3M	0,01	<LQM	4,05	<LQM	<LQM	1,29	227,2	0,04	6,88	<LQM	<LQM	0,40	151,8	<LQM	41,1
Bel4M	0,01	1,13	4,93	<LQM	<LQM	4,19	133,0	0,03	7,29	<LQM	<LQM	<LQM	108,9	<LQM	30,7
Bel5M	0,01	<LQM	4,59	<LQM	<LQM	0,78	129,5	0,02	3,00	<LQM	<LQM	<LQM	92,0	<LQM	20,2
Bel6M	0,02	2,32	6,77	<LQM	<LQM	10,66	231,7	0,11	7,41	<LQM	<LQM	0,93	164,4	0,40	58,2
Can1F	0,02	3,21	1,90	<LQM	<LQM	1,82	154,4	0,05	20,4	<LQM	0,58	1,14	198,8	0,48	101,9
Can2F	0,02	<LQM	1,12	<LQM	<LQM	<LQM	90,4	0,04	11,4	<LQM	<LQM	0,96	131,1	0,29	63,3
Can3F	0,01	<LQM	1,55	<LQM	<LQM	3,10	107,2	0,03	11,2	<LQM	<LQM	0,51	133,1	0,32	56,1
Can4F	0,01	2,48	3,02	<LQM	<LQM	<LQM	107,4	0,05	34,9	<LQM	<LQM	0,60	152,2	0,29	94,9
Can5F	0,02	0,59	3,05	<LQM	<LQM	1,63	121,2	0,05	27,4	<LQM	<LQM	0,65	134,5	0,32	59,0
Can6F	0,06	<LQM	2,77	<LQM	<LQM	4,68	88,7	0,05	14,3	<LQM	<LQM	<LQM	104,7	0,21	61,2
Can1M	0,02	<LQM	1,48	<LQM	<LQM	5,25	124,4	0,03	6,61	<LQM	<LQM	0,72	180,0	0,32	55,8
Can2M	0,01	0,50	0,94	<LQM	<LQM	0,67	75,3	0,02	3,31	<LQM	<LQM	<LQM	110,9	<LQM	26,7
Can3M	0,01	<LQM	0,74	<LQM	<LQM	<LQM	99,4	0,02	2,01	<LQM	<LQM	<LQM	73,0	<LQM	21,3
Can4M	0,02	2,46	2,79	<LQM	<LQM	1,13	115,9	0,05	11,5	<LQM	0,72	0,63	148,1	0,28	65,2
Can5M	0,02	<LQM	3,96	<LQM	<LQM	<LQM	163,0	0,06	7,52	<LQM	0,33	1,31	151,7	0,36	57,6
Can6M	0,01	0,69	2,53	<LQM	<LQM	1,07	78,6	0,06	5,79	<LQM	<LQM	0,32	106,7	0,31	39,2

Fonte: Autora (2016).